

**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний

(повна назва факультету)

Приладобудування

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ М.Д. Гераїмчук
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2019 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки 6.051003 Приладобудування

на тему: Екструдер по виготовленню ниті для 3д-принтера _____

Виконав (-ла): студент (-ка) IV курсу, групи ПІ-51
(шифр групи)

_____ Соколов Георгій Максимович

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник _____ к.т.н, доц., Нечай С.О.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультант технологічний к.т.н, професор, Антонюк В.С.

(назва розділу)

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент к.т.н, доц, Шевченко В.В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2019 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ*

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проект	2	
2	A4	ДП ПІ51. 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	77	
3	A1	ДП ПІ51. 01.000	Зд-модель	1	
4	A1	ДП ПІ51. 02.000 СК	Екструдер Складальне креслення	1	
5	A2	ДП ПІ51. 03.000	Структурна схема	1	
6	A2	ДП ПІ51. 04.000	Графік магнітного датчика	1	
7	A2	ДП ПІ51. 05.000	Кришка	1	
8	A2	ДП ПІ51. 06.000	Корпус	1	
9	A2	ДП ПІ51. 07.000	Кільце	1	
10	A2	ДП ПІ51. 08.000	Шестерня	1	
11	A2	ДП ПІ51. 09.000	Ніжка	1	
12	A2	ДП ПІ51. 10.000	Кріплення	1	
13	A2	ДП ПІ51. 11.000	Специфікація	1	

				ДП ПІ51 00.000.00		
	ПІБ	Підп.	Дата	Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Розробн.	Соколов Г.М.				1	1
Керівн.	Нечай С.О.				КПІ імені Ігоря Сікорського Каф. _____ Гр. <u>Пі-51</u> _____	
Консульт.	Антонюк В.С.					
Н/контр.						
Зав.каф.	Гераїмчук М.Д					

* Відомість виконується згідно зі Стандартом відповідної галузі економіки

Пояснювальна записка до дипломного проекту

на тему: Екструдер по виготовлення ниті для 3д-принтера

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Факультет Приладобудівний
(повна назва)

Кафедра Приладобудування
(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки 6.051003 Приладобудування
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ М.Д. Гераїмчук
(підпис) (ініціали, прізвище)

«__» _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Соколову Георгію Максимовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Екструдер по виготовленню ниті для 3Д-принтера _____

керівник проекту Нечай Сергій Олексійович, к.т.н., доц. _____

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «27» травня 2019 р. №1384-с

2. Термін подання студентом проекту 10 червня 2019 р. _____

3. Вихідні дані до проекту 3.1. Тип екструдера – одношнековий. 3.2. Температура плавлення – до 300 градусів. 3.3. Діаметр ниті – 1-2 мм. 3.4. Потужність – 350 Вт. 3.5. Габаритні розміри – 995x220x460 мм. 3.6. Маса – 5 кг. 3.7. Діаметр бобини – 197 мм. 3.8. Об'єм охолоджувальної рідини – 1650 см кубічних. 3.9. Швидкість протяжки ниті – 180-700 см/хв. 4.0. Точність діаметру – 0.008 мм. _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити) Обґрунтування необхідності проектування на основі критичного огляду аналогів; Огляд матеріалів для виготовлення ниті; Розробка структурної схеми системи, розрахунок нагрівача. Розрахунок основних елементів та характеристик екструдера; Технологічний розділ.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) Складальний кресленик екструдеру – 1 арк. ф. А1; 3Д-модель – 1 арк. ф. А2-А1; Робочі кресленики деталей – 1 арк. ф. А1; Схеми – 1 арк. ф. А1; Графік – 1 арк. ф. А3-А2. Сума 4 аркушу А1. _____

6. Консультанти розділів проекту (роботи)*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологічний	Антонюк В.С., професор, к.т.н.		

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1.	Розробка схем системи та її елементів	15 травня 2019 р.	
2.	Розробка графічної частини проекту	2 червня 2019 р.	
3.	Проведення розрахунків системи	5 червня 2019 р.	
4.	Виконання технологічного розділу проекту	6 червня 2019 р.	
5.	Оформлення пояснювальної записки	7 червня 2019 р.	
6.	Представлення дипломного проекту на перевірку керівникові проекту	8 червня 2019 р.	
7.	Передача матеріалів проекту на перевірку виявлення збігів/схожості текстів Unichesk	9 червня 2019 р.	
8.	Представлення проекту на рецензію	10 червня 2019 р.	
9.	Представлення проекту на затвердження завідуючому кафедрі	12 червня 2019 р.	
10.	Передача електронної версії проекту до бібліотеки	13 червня 2019 р.	
11.	Представлення проекту до екзаменаційної комісії	18 червня 2019 р.	

Студент

(підпис)

Г. М. Соколов
(ініціали, прізвище)

Керівник проекту

(підпис)

С. О. Нечай
(ініціали, прізвище)

Студент: Соколов Георгій Максимович гр. ПІ-51

* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту (роботи)

Заклад: «Київський політехнічний Інститут» ім. Ігоря Сікорського
Керівник: Нечай Сергій Олексійович

Анотація

Даний дипломний проект містить 77 аркушів, 30 ілюстрацій, 3 таблиці, 29 переліків посилань.

Мета: створити компактну установку по виготовленню ниті для 3д-принтера з ціллю здешевити матеріал, створити гнучкість вибору характеристик матеріалу, та покращення екологічного стану навколишнього середовища.

За отриманими результатами створюється робоча модель, за допомогою якої буде перевірятись правильність розрахунків. І у разі працездатності, використовуватись за призначенням.

Для написання дипломної роботи було ознайомлено з літературою з даної теми, створено 3д-модель, проведені необхідні для коректної роботи розрахунки, створені кресленики за 3д-моделями, розглянуті різні матеріали для виробництва та їх характеристики, створено презентаційну модель.

Student: Sokolov Georgy Maksimovich gr. PG-51

Institution: "Kyiv Polytechnic Institute". Igor Sikorsky

Director: Nechay Sergey

Annotation

Buildings a thesis project contains 77 sheets, 30 number of illustrations, 3 tables, 29 lists of links.

Purpose: to provide a compact installation for the production of filament for 3D printer with the aim to reduce the cost of the material to create the flexibility of the material characteristics and improve the ecological status of the environment.

Based on the results, a working model is created, with which the correctness of calculations will be checked. And in the case of performance, used for its intended purpose.

To solve the thesis were acquainted with the literature on this topic, created a 3D-model, carried out the necessary calculations for the correct work, created drawings for 3D-models, considered various materials for production and their characteristics, created a presentation model.

					ДП ПІ51. 00.000 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		7

3MIST

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	11
ОСНОВНІ ТЕРМІНИ.....	12
ВСТУП.....	13
1 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	14
1.1 Властивості.....	14
1.2 Огляд аналогів.....	15
1.2.1 Приклад 1.....	15
1.2.2 Приклад 2.....	16
1.2.3 Приклад 3.....	16
1.2.4 Приклад 4.....	19
1.2.5 Приклад 5.....	20
1.3 Огляд нагрівачів.....	23
1.3.1 Міканітовий кільцевий нагрівач металевий.....	23
1.3.2 Кільцеві нагрівачі з керамічною ізоляцією.....	24
1.3.3 Соплові нагрівачі хомутові.....	24
1.3.4 Алюмінієві кільцеві нагрівачі литі.....	26

					ДП ПІ51. 00.000 ПЗ											
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата												
Разраб		Соколов Г.М			Екструдер по виготовленню ниті для 3д-принтера						Литера		Лист	Листов		
Пров		Нечай С.О.												8		
Н. Контр.																
Умо																

1.4 Підбір двигуна екструдера.....	27
1.4.1 Двигун постійного струму	27
1.4.2 Двигун змінного струму	28
1.4.3 Переваги та недоліки розповсюджених електродвигунів.	29
1.4.4 Висновок.....	31
1.5. Огляд матеріалів	34
1.5.1 ABS ECO.....	34
1.5.2 ABS.....	35
1.5.3 ABS+	36
1.5.4 Поліетилентерефталат.....	37
1.5.5 PLA.....	39
1.5.6 Elasthan.....	40
1.5.7 Полікарбонат	42
1.5.8 Поліетилентерефталат.....	43
1.5.9 Nylon	44
1.5.10 Полібутілентерефталат	45
1.5.11 Поліпропілен	46

					ДП ПІ51. 00.000 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата			
Разраб		Соколов Г.М			Екструдер по виготовленню ниті для 3д-принтера		
Пров		Нечай С.О.					
Н. Контр.							
Учт							
					Литера	Лист	Листов
						9	

1.6 Переробка полімерів, їх характеристики	48
1.6.1 Структурна неоднорідність і домішки у вторинних матеріалах ...	49
1.6.2 Попередня обробка полімерів	50
1.6.3 Висновок.....	58
1.7 Структурна схема екструдеру.....	59
1.8 Розрахунки.....	60
1.8.1 Розрахунок кількості обертів за хвилину на шнеку.....	60
1.8.3 Розрахунок швидкості обертів намотування ниті на катушку.	63
1.8.4 Розрахунок потужності нагрівача.....	64
1.8.5 Розрахунок точності виміру товщини ниті.....	67
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	72
2.1 Опис складальної одиниці.....	72
2.2 Основні критерії технологічності	73
2.3 Розрахунок точності механоскладальних робіт.....	76
2.4 Схема складального складу	78
2.5 Технологічна схема складання	79
2.6 Висновок.....	80
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	82
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	83
ДОДАТКИ.....	837

					ДП ПІ51. 00.000 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	Екструдер по виготовленню ниті для 3д-принтера	Литера	Лист	Листов
Разраб		Соколов Г.М						
Пров		Нечай С.О.					10	
Н. Контр.								
Утв								10

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

PLA – полілактид.

ABS – акрилонітрил бутадієн стирол.

Nylon – нейлон.

PET – поліетилентерафталат.

HIPS (ПС) – полістирол.

PC – полікарбонат.

PA – поліамід.

PBT – полібутілентерафталат.

Elastan – гнучкий пластик поуліритан.

ПЕ – поліетилен.

ПП – поліпропілен.

ПВХ – полівінілхлорид.

ПНД – поліетилену низького тиску.

ПВД – поліетилену високого тиску.

ПТР – показання текучості розплаву.

FDM - моделювання методом наплавлення.

ОСНОВНІ ТЕРМІНИ

Екструдер – це пристрій, який за допомогою шнека продавлює розплавлений матеріал або густу пасту через формуючий отвір потрібної форми.

Міканіт – це ізоляційний, штучний матеріал, виготовлений шляхом склеювання листів слюди, гліпталею, копалом, бакелітом, шелаком.

Полімер – матеріал, який складаються з мономерних ланок, вони з'єднаних у довгі макромолекули завдяки координаційними або хімічними зв'язками.

Теплоємність – це фізична величина, яка означає кількість теплоти, яка може поглинутись або виділитись при охолодженні чи нагріванні на одиницю температури кельвіна.

Шнек – це робоча деталь екструдера, яка за допомогою своєї гвинтової форми переміщує матеріал вздовж власної осі.

Шредер – це пристрій, який має обертаючі зуб'я для роздрібнення матеріалу у мілку стружку.

ВСТУП

Тема даного диплому була обрана через декілька актуальних проблем сьогодення.

Перша проблема – це глобальна проблема людства – занадто велика кількість сміття навколо нас. Ні для кого не є новинкою, що сміття стає занадто багато, не лише на землі, але й у морях, океанах та навіть у космосі. Хоч проблемою переробки пластику й займаються деякі держави, але цього зовсім не вистачає. Особливо гостра ця проблема у країнах 2 та 3 світу. Я вважаю, що, для того, щоб ця проблема була вирішена, потрібно починати з себе. Фільтрувати сміття, здавати його на переробку, та за можливості самостійно повторно використовувати.

Друга проблема – це проблема, пов'язана з власниками 3д-принтерів. Сьогодні кожен може придбати домашній FDM принтер. Але у всіх з'явиться така проблема, як необхідність у придбанні матеріалу для роботи. Як це часто трапляється, виробники продають витратні матеріали за підвищеною ціною. Іноді не найкращої якості. До того ж, дуже багато матеріалу йде на підтримки, чи просто на невдалі моделі, який можна використовувати повторно. Його потрібно лише переробити.

Тож постає питання, де брати якісний матеріал за доступною ціною?

До того ж, іноді характеристики матеріалу можуть мати особливі якості чи колір. Відповідь одна – виготовляти самостійно. Саме за такими аргументами було вирішено обрати дану тему.

1 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

1.1 Властивості

Характеристики екструдера:

- Матеріал: PLA, ABS, Nylon, PET, PET-G, HIPS, PC, PA, PBT;
- Робоча температура сопла – 300°C;
- Потужність – 350 Вт;
- Габаритні розміри – 995x220x460 мм;
- Маса – 5 кг;
- Діаметр ниті – 1.75;
- Точність діаметру – 0.0086 мм;
- Діаметр бобини – 197 мм;
- Об'єм баку – 1650 см кубічних;
- Швидкість протяжки ниті – 180-700 см/хв;
- Пропускна можливість – 1 кг за годину.

1.2 Огляд аналогів

Перед тим як створювати власний екструдер, було проведено пошук аналогічних конструкцій. Всі розглянуті моделі мали стандартну конструкцію екструдера, що і дало остаточне слово у виборі конструкції. Також деякі з розглянутих моделей були з додатковими вузлами контролю та намотувальним механізмом.

1.2.1 Приклад 1

Одна з робіт наведена на рис. 1.2.1. В даній конструкції ми бачимо екструдер, який знаходиться за намотувальним механізмом, в якому вбудований бункер. Також в цій конструкції присутнє водяне охолодження та контроль товщини ниті. Також розташований механізм витягування, механізм поступового укладання ниті та намотувальний механізм. Матеріал взятий з [1].

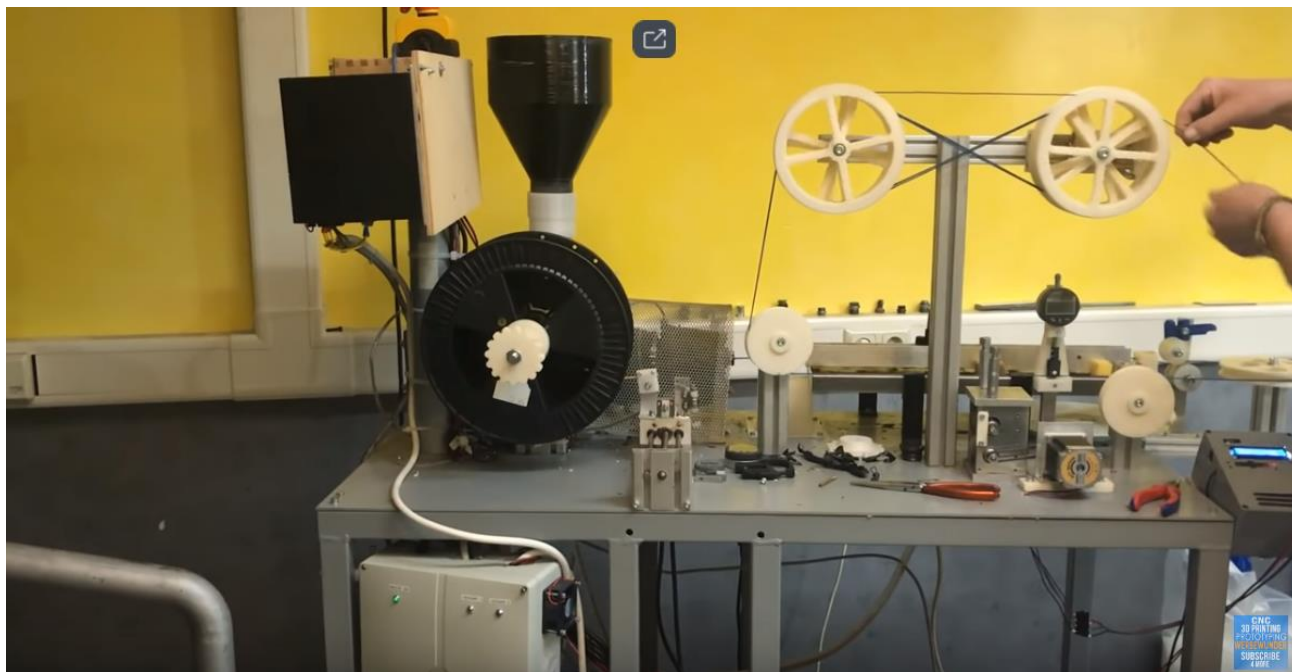


Рисунок 1.2.1 - Екструдер з елементами контролю для виготовлення ниті

1.2.2 Приклад 2

Роботу іншого автора можна розглянути на рис. 1.2.2. В цій конструкції ми бачимо той самий принцип. Наявний металевий екструдер, який продавлює розплавлений пластик, ванночку для охолодження ниті, за яким, на великій відстані, стоїть витягаючий механізм. В даному прикладі конструкція є не завершеною, але принцип роботи зрозумілий. Матеріал взятий з [2].



Рисунок 1.2.2 - Зображення екструдера з каналу «Making Stuff»

1.2.3 Приклад 3

На третьому прикладі ми маємо конструкцію дуже схожу з першою, але трошки дещо компактніше. Як на мій погляд, конструкція є дуже гарною. В ній присутні всі елементи які необхідні для виготовлення відносно якісного продукту. На рис. 1.2.3 зображено механізм екструдювання, тобто екструдер.

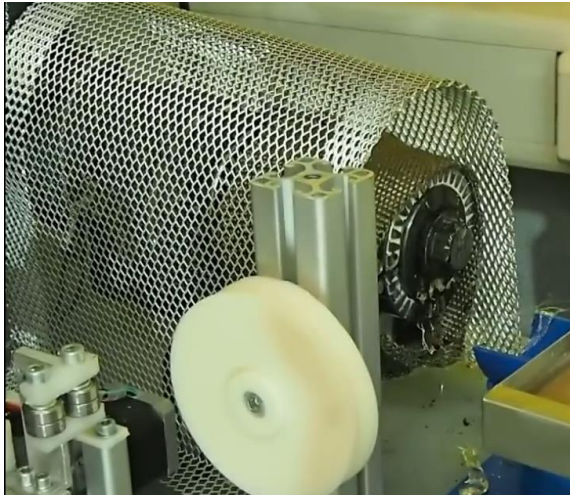


Рисунок 1.2.3 - Сопло та розігрівуючий елемент у захистному кожухі

Слідом за ним (рис. 1.2.4) розташована ванночка для швидкого охолодження ниті.

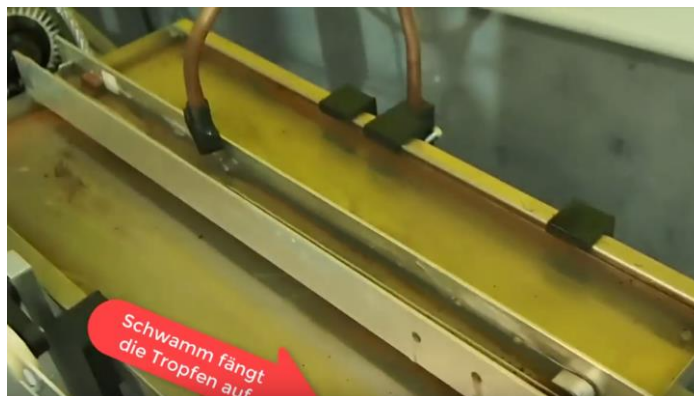


Рисунок 1.2.4 - Ванночка з циркулюючою в ній воді

Одразу після ванночки стоїть контролюючий прилад (рис. 1.2.5), завдяки якому можливо робити вимірювання у реальному часі.



Рисунок 1.2.5 - Прилад для вимірювання товщини ниті

Далі за конструкцією розташований пристрій натягу, завдяки якому можливо змінювати товщину ниті (рис. 1.2.6).

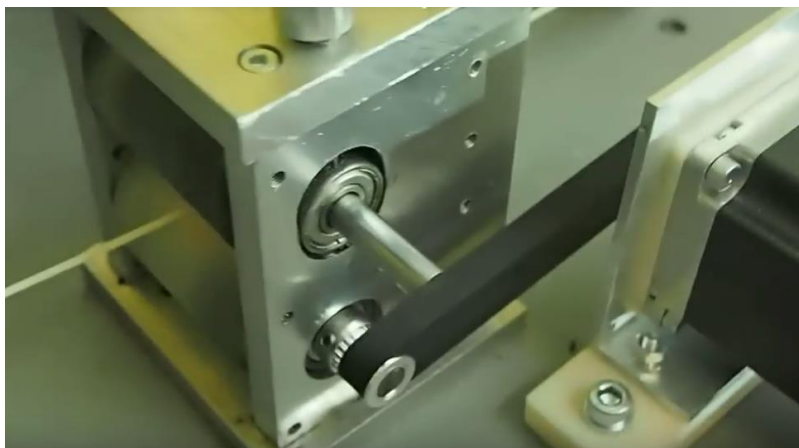


Рисунок 1.2.6 - Ролик для натягування

І на останок. Номотувальний механізм (рис. 1.2.7). Завдяки цій конструкції весь виготовлений матеріал обережно намотуються на бобину.



Рисунок 1.2.7 - Зображення катушки з напрямляючим механізмом.
Матеріал взятий з [3].

1.2.4 Приклад 4

Одним з найкращих прикладів саморобного екструдера є екструдер Лімана. Це один з найкращих екструдерів, тому що він максимально простий, та саме в нього з'явилося багато послідовників. В своїй конструкції він не має зайвих моментів, як було в попередніх прикладах. Його невеликі розміри дозволяють без зайвих проблем транспортувати, зберігати та легко встановлювати механізм на робочому столі. На платформі розташовано: невеликий екструдер з компактним, але містким бункером; охолоджуючий кулер; датчик наявності ниті для оповіщення при розриві ниті; витягаючий блок з роликами та двигуном; та механізм намотки ниті. Вся конструкція знаходиться в одній лінії роботи, тобто намотувач знаходиться навпроти сопла. Це означає, що нить не має зайвих ділянок, де її деформують.

На рис. 1.2.8. зображено екструдер Лімана. Єдиний мінус, який ту присутній, це те, що немає контролю товщини. В даному прикладі вона перевіряється в ручному режимі. Матеріал взятий з [4].



Рисунок 1.2.8 - Екструдер Лімана. На цій платформі добре бачна бобина, витягаючий елемент, пульт керування, кулер, та екструдер

1.2.5 Приклад 5

Серед саморобок ще є відносно багато інших прикладів, але усі вони майже однакові за принципом роботи. Тож в останньому прикладі хочу розповісти про прилад, який розраховано для масового продажу. Ця модель називається «Filament Makers» від компанії «3devo».

Ця компанія має такі ж цілі. Вони борються за чистоту природи та економію наших грошей. В магазині наявні 3 прилади: шредер, сушильник, та екструдер. Їх прилад для виготовлення ниті має компактний розмір. Його дуже зручно транспортувати. Можливість використання майже всюди, тому що він має закритий корпус. Має чудовий дизайн та гарні характеристики. На рис. 1.2.9. зображено загальний, робочий вигляд.



Рисунок 1.2.9 - Екструдер від компанії «3devo»

На рис. 1.2.10 зображено де, та що розташовано.

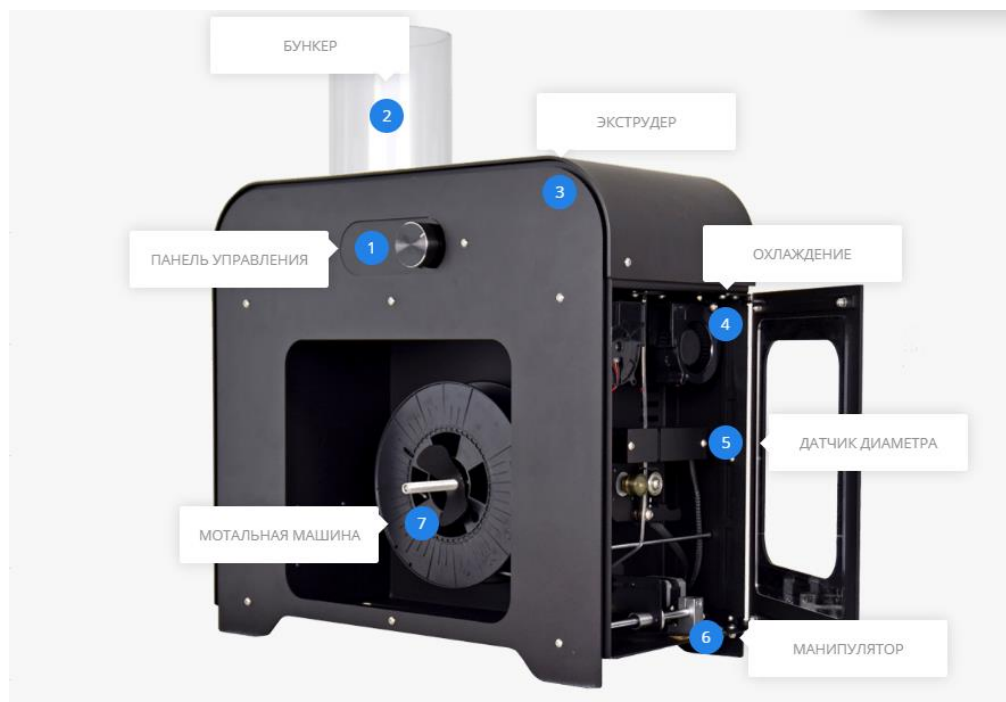


Рис. 1.2.10 - Зображення розташування вузлів

Із зображення 10 можна зробити висновок, що конструкція також має стандартну конфігурацію. Єдине що, вона має більш компактну форму. Під номером 1 бачимо панель керування (рис. 1.2.11) на якій зображено

інформацію про – наявність матеріалу, Швидкість обертання шнеку, температура робочої ємкості, матеріал, який знаходиться у бункері, статус екструдеру та товщина ниті.

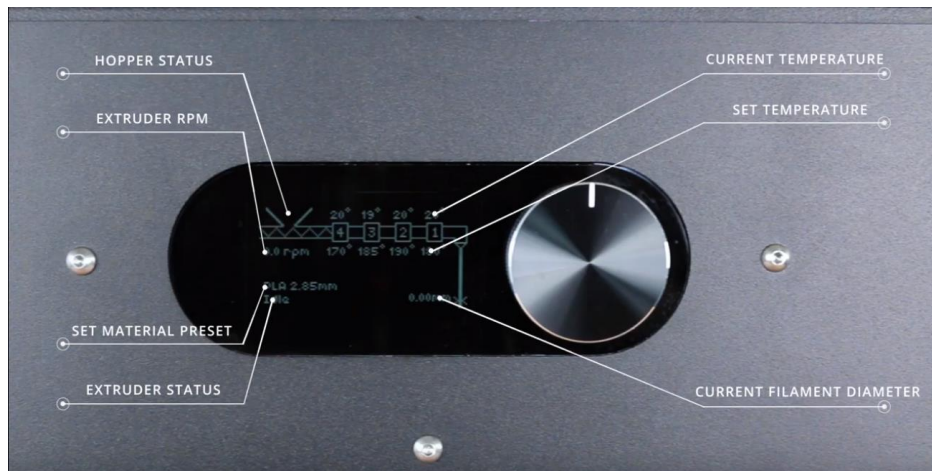


Рисунок 1.2.1 - Панель керування

Під номером 2 знаходиться завантажувальний бункер. 3 – це екструдер, який захований у корпусі. Під 4 номером знаходяться два вентилятор, які охолоджують нитку. Під номером 5 знаходиться оптопара, яка міряє товщину ниті з точністю 43 мкм. Та механізм, який витягує нить. 6 – це маніпулятор, який виконує правильне накладання нитки на намотуючу машину 7. Матеріал взятий з [5].

Отже, з розглянутих прикладів було взято все необхідне, що потребує процес виготовлення нить для 3-принтеру. А саме: екструдер, охолоджувач ниті, контроль товщини, механізм розтягнення, елемент намотування та панель керування.

1.3 Огляд нагрівачів

Для екструдеру необхідне на соплі встановити нагрівач. На ринку присутня велика кількість різноманітних нагрівачів з різними принципами роботи та характеристиками.

1.3.1 Міканітовий кільцевий нагрівач металевий

Хомутові електронагрівачі на міканітовій основі створюються з металевої стрічки високого опору, яка в свою чергу намотана на основу. В даному типі кільцевих нагрівачів ізоляція представляє слюдопластову пластину (міканіт) з низьким теплообміном.

Нагрів різних деталей у промислових машинах здійснюється нагрівними елементами кільцевої форми, нерідко на апаратах з обробки пластмаси, а саме: на термопластавтоматах та екструдерах.

Технічні параметри кільцевих міканітових нагрівачів:

- Мінімальний діаметр (внутрішній), мм – 25
- Максимальний діаметр (внутрішній), мм – 380
- Товщина стінки нагрівача, мм – 3-4
- Мінімальна ширина, мм – 20
- Максимальна ширина, мм – 300
- Потужність (max), Вт/см² – 400
- Температура нагріву, °C – 350
- Напруга – 12, 24, 48, 110, 220/230, 400

[6]

1.3.2 Кільцеві нагрівачі з керамічною ізоляцією

Кільцевим нагрівачем з ізоляцією з кераміки являють собою керамічний нагрівач стрічкової форми зі стяжкою на зовнішньому боці листової сталі. Ця стяжка виступає для захисту, також дозволяє встановлювати кріпильні елементи та елементи підключення до мережі.

Ці нагрівачі використовуються на ливарних і прес-формах, грануляторах, екструдерах [7].

Технічні параметри кільцевих керамічних Тенів:

- Мінімальний діаметр (внутрішній), мм – 16
- Максимальний діаметр (внутрішній), мм – 1000
- Товщина стінки нагрівача, мм – 20
- Мінімальна ширина, мм – 30
- Максимальна ширина, мм – 500
- Потужність (max), Вт/см² – 9
- Температура нагріву, °C – 500
- Напруга – 12, 24, 48, 110, 220/230, 400

1.3.3 Соплові нагрівачі хомутові

Один з популярних типів хомутових нагрівальних елементів, це нагрівач сопловий, який характеризується підвищеною потужністю та малими розмірами. До того ж, соплові нагрівачі повністю герметичні, отже вони працюють при випадковому потраплянні на корпус елемента розплавленого матеріалу, що утворюється при роботі екструдерів чи машинах для відливання.

Хомутові нагрівачі соплової форми застосовуються в різному промисловому устаткуванні тоді, коли необхідно забезпечити швидке нагрівання поверхонь де обмеження за розміром нагрівача. До них належать

різні сопла екструдерів, чи обладнання для відливу в металеві форми, в ТПА (термопластавтоматах), на напівпровідниковому виробництві, медичного та харчового обладнання.

Також у випадку з міканітовими нагрівачами, нагрівальні елементи соплової форми для ізоляції використовують листи міканітового паперу, тільки намотування нагрівного дроту в разі соплових нагрівачів у двічі більша, за рахунок цього і досягається їх висока потужність.

Захисний корпус для соплових нагрівачів створюється з нержавіючої сталі чи латуні. Соплові нагрівачі з латунні мають меншу питому потужність, про те можуть нагріватись навіть до температур в 500°C. [8]

Технічні параметри соплових нагрівачів:

Сопловий нагрівач з нержавіючої сталі

- Температура робоча – 350°C
- Напруга – 12-400 В
- Питома потужність – 7 Вт/см²
- Товщина нагрівача – 4-5 мм
- Внутрішній діаметр – 35-380 мм
- Висота – 20-300 мм

Латунний сопловий нагрівач

- Температура робоча – 500°C
- Напруга – 12-400 В
- Питома потужність – 5 Вт/см²
- Товщина нагрівача – 2,5-3 мм
- Внутрішній діаметр – 25-100 мм
- Висота – 20-90 мм

1.3.4 Алюмінієві кільцеві нагрівачі литі

Вважається, що одними з найбільш вигідних нагрівачів являє литі нагрівачі з алюмінію. Це завдяки високим якостям надійності і міцності в парі з низькою ціною. Через що, вони часто застосовуються в нагріванні екструдерів. Перевагою даного типу нагрівачів є корпус з цілісного високоякісного сплаву алюмінію. Легко встановлювати, а також фіксувати на елементах обладнання завдяки можливості виготовленню необхідних отворів на нагрівачі. Алюмінієві нагрівні елементи стійкі до навколишнього середовища і характеризуються довгим терміном служби.

Конструкції та різновиди кільцевих алюмінієвих нагрівачів

Алюмінієвий нагрівач виробляються методом лиття високоякісних алюмінієвих сплавів у спеціально створену форму попередньо закладеними в ній трубками нагріву. При чому ця форма створюється індивідуально для кожного елемента, це дозволяє створити нагрівальні елементи необхідних форм.

Алюмінієві нагрівачі також містять систему охолодження. Вона може бути повітряної через наявність ребр на корпусі або ж рідинною на основі системи охолоджуючих каналів з маслом або водою. [9]

1.4 Підбір двигуна екструдера

Двигун – це пристрій, який перетворює один тип енергії в механічну роботу. Термін двигун був позичений на початку 19 століття в німецькій мові. Переважно їм називають двигун внутрішнього згоряння або електричні двигун.

Їх поділяють на первинні та вторинні. К первинним відноситься безпосередньо перетворювач природних ресурси у механічну роботу, а до вторинних — перетворювачі енергії, які були вироблені або накопичені іншими джерелами.[10]

В дипломному проекті використано електродвигун. Так як він є найбільш підходящим варіантом. Основні вимоги, які необхідні, це: великий момент на малих обертах, зручність керуванням обертів, безшумність у роботі та малі габарити.

Електричний двигун – це машина, в якій електрична енергія перетворюється в механічну.

Класифікація найпоширеніших електродвигунів:

- Двигуни постійного струму
- Двигуни змінного струму

1.4.1 Двигун постійного струму

Двигун постійного струму – це двигун, перемиканням фаз у якому здійснюється напряму в середині двигуна. Завдяки чому він може живитися постійним струмом, хоча так само і змінним.

Ця група двигунів поділяється на два способи перемикання фаз, а також наявності зворотного зв'язку:

- Колекторні двигуни;
- Вентильні двигуни.

Щітковий вузол забезпечує синхронне електричне перемикання ланцюгів в обертової частини двигуна і є найменш надійним та відносно складним в обслуговуванні елементом.

Вентильні двигуни або, як їх називають, безколекторні двигуни — це електродвигуни в якому фази перемикаються при допомозі спеціального електронного блоку, його називають інвертор, конструкція може містити зворотній зв'язок при використанні датчиків положення ротора, у разі відсутності зворотного зв'язку, буде використовуватись як аналог асинхронного двигуна.

1.4.2 Двигун змінного струму

Двигун змінного струму — це електричний двигун, живлення якого здійснюється за допомогою змінного струму. За принципом роботи вони поділяються на синхронні та асинхронні двигуни. Відмінність полягає в їх принциповій роботі. У синхронному двигуні, перша гармоніка магніторушійної сили на статорі рухається зі швидкістю обертання ротора, тобто ротор обертається з тією ж швидкістю, що й обертання магнітного поля. В той час, як у асинхронних — завжди наявна різниця між швидкістю обертання магнітного поля ротора до швидкості обертання в статорі, тобто поле обертається швидше ніж ротор.

Існують такі синхронні електродвигуни, де наявне дискретне кутове переміщення ротора — крокові двигуни. Ці двигуни задають фіксоване положення ротора завдяки подачі живлення на відповідні цьому куту обмотки. Перехід до наступного положення створюється шляхом зняття напруги живлення з одних обмоток та передачі його до інших.

Асинхронні електродвигуни найбільш поширені на сьогоднішній день.

Вони поділяються за кількістю фаз:

- однофазні;
- двофазні;
- трифазні;
- багатофазні;

1.4.3 Переваги та недоліки розповсюджених електродвигунів.

Колекторний електродвигун постійного струму

Переваги:

- простота управління та пристрою;
- легко регулюється частота обертів;
- хороші пускові властивості;
- компактніше інших двигунів;
- можливість використання їх як двигун або як генератор.
- швидкохідність та відсутність залежності від частоти мережі.
- компактність.
- можливість плавного регулювання обертів у майже всьому діапазоні – від нуля та до номінального значення за допомогою зміни напруги живлення.

Недоліки:

- Висока вартість у виготовленні;
- для того жити електродвигун від мережі зі змінним струмом, необхідне використання випрямних пристроїв;
- необхідність обслуговування колекторного вузла;
- при зміні навантаження нестабільність оборотів;
- Наявність колекторного вузла.

[11] [12]

Вентильний двигун

Переваги:

- Широкий діапазон частоти обертання;
- Безконтактність або відсутність колектору, що вимагає частого обслуговування;
- Велика здатність перевантажування за моментом;
- Високі енергетичні показники, тобто ККД вище ніж 90 %;

Недоліки:

- Висока вартість двигуна, через те що, використовується дорогі неодимові магніти в конструкції ротора;
- Відносно складна структура двигуна та його управління.

[13]

Синхронний двигун

Переваги:

- менша чутливість до коливань у напрузі, так як їх максимальний момент є пропорційним напрузі у першій мірі;
- Висока стабільність частоти обертання на двигуні незалежно від того, яке механічне навантаження присутнє на валу.

Недоліки:

- складність конструкції;
- Важкість зміни частоти обертання, регулювання якого можливо тільки шляхом зміни частоти напруги на живленні.

[14]

Асинхронний двигун

Переваги:

- простота виготовлення;
- відносна дешевизна у виробництві;
- висока надійність при експлуатації;
- невеликі експлуатаційні втрати;
- можливість підключення до мережі без додаткових перетворювачів.

Недоліки:

- Малий пусковий момент;
- Високий пусковий струм;
- Відсутність можливості регулювання швидкості обертів двигуна при підключенні без додаткових пристроїв до мережі;
- Велика квадратична залежність електромагнітного моменту від напруги мережі живлення;
- Низький ККД.

[15]

1.4.4 Висновок.

Тож, взявши до уваги типи двигунів які існують, та розглянувши їх всі переваги та недоліки, було вирішено що, вигідним буде обрати колекторний двигун.

Причини через які було обрано саме його наступні: економічно вигідно, широкий спектр вибору, простота керування, малі габарити, живлення буде здійснено постійним струмом 12 Вольт.

Нижче приведена таблиця (табл. 1.4.1) електродвигунів компанії «KYSAN ELECTRONICS» та каталог (рис. 1.4.1). [16]

Таблиця 1.4.1

KYSAN	Manufacturer	Voltage		No Load		At Maximum Efficiency					Pricing in US\$		
SKU	Cross Reference	Operating	Nominal	Speed	Current	Speed	Current	Torque		Output			
Number	Number	Range	VDC	RPM	A	RPM	A	mN-m	g-cm	W	1+	10+	100+
1111144	RS-365SH-DB950	3.0-9.0	7.2			12000					4.00	3.60	3.24
1111108	RS-365SH-12115	6.0-12	12	9500	0.13	5309	0.58	50			4.00	3.60	3.24
1112050	RS-385SH-2265	6.0-12.0	12	10000	0.23	8180	0.76	6.86	70	5.79	4.99	4.49	4.04
15953	RS-385SH-2270	6.0-24.0	20	16400	0.18	14010	1.06	9.56	98	14	4.99	4.49	4.04
1112048	RS-385SA-2073	9.0-24.0	20	17200	0.2	14420	1.04	9.49	96.7	14.3	4.99	4.49	4.04
1112048	RS-385SA-12160	12.0-24.0	24	8500	0.08	6700	0.3	57.23	5.61	3.93	4.99	4.49	4.04
1112055	RS-545SH-2485	12.0-24.0	24	9700	0.35	8000	1.24	250	20.42	5.7	5.50	4.95	4.46
1112053	RS-545SA-2670	6.0-24.0	12	6000	0.35	4800	1.15	192	9.5	4.7	5.50	4.95	4.46
1112320	RK-370CA-81050	12.0-30	24	3900	0.01	3210	0.047	1.9	19	0.64	2.66	2.39	2.15
1112068	RK-370CC-22170	3.0-12.0	6	6200	0.1	5200	0.36	25	1.33	1.84	2.66	2.39	2.15
1112309	FF-180PH-2852	1.0-3.0	2.4	8300	0.16	6900	0.86	18	1.76	1.27	3.66	3.29	2.96
1112308	FF-180SH-2657	1.0-3.0	2.4	7700	0.13	6400	0.7	15	1.47	0.98	2.85	2.57	2.31
1112108	FF-180SH-4026	1.0-1.5	1.2	8300	0.3	6900	1.6	15	1.47	1.06	2.85	2.57	2.31
1112047	RS-380SA-26100	6.0-12.0	12	12500	0.25	10670	1.34	95.17	9.33	10.42	4.99	4.49	4.04
1112316	HC-313MG-002	3.0-5.0	3.6	12800	0.94	10900	5.08	10.89	0.95	12.48	4.99	4.49	4.04
1112049	RS-380SH-4045	3.0-9.0	7.2	16200	0.5	14060	3.29	111	10.9	16	4.99	4.49	4.04
1112102	RS-380SH-12300	12.0-30	24	8000	0.07	6540	0.31	63.9	6.27	4.29	4.99	4.49	4.04
	RS-550PC-7527	6.0-14.4	12	18200	1.15	16130	8.97	47.8	488	80.7	5.70	5.13	4.62
	RS-550VC-7527	6.0-14.4	14.4	19800	1.3	17620	10.5	64.7	660	119	5.70	5.13	4.62
117072	RS-550PF-13514	6.0-15	12	15300	1.1	13514	7.035	440	449	60.6	5.70	5.13	4.62
	RS-550PH-6534	6.0-15	12	16000	1	14100	7.75	500	500	72.3	5.70	5.13	4.62
	RS-550PC-3550	9.0-30.0	12	4800	0.17	4240	1.3	25.6	261	11.4	5.70	5.13	4.62
	RS-550VC-3754	12.0-32	12	4100	0.2	3610	1.48	34.8	355	13.1	5.70	5.13	4.62
	RS-550SH-6530F	6.0-12.0	12	17600	1.5	15000	7.64	440	43.14	68	5.70	5.13	4.62
1112060	RS-550SH-6035F	6.0-18.0	12	14200	1.3	12500	6.49	450	44.12	57.76	5.70	5.13	4.62
	RS-550SH-6040F	6.0-12.0	12	13400	1.1	11700	5.7	420	41.18	50.41	5.70	5.13	4.62
	RS-550SH-6045F	12.0-18.0	12	11800	1	10000	5.04	420	41.18	44.03	5.70	5.13	4.62
1111075	RS-550SH-7524	6-15.0	12	20500	1.68	17100	7.4	222	21.7	39.8	5.70	5.13	4.62
	RS-550SH-24V	12.0-24	24	5450	0.238	4570	1.24	321	31.5	15.4	5.70	5.13	4.62
	RS-540RH-7516	2.4 - 4.5	3.6	20200	2.9	16310	12.2	15.1	154	25.8	4.99	4.49	4.04
	RS-540RH-5045-6V	4.5 - 9.6	6	11600	0.82	9660	4.09	14.4	147	14.6	4.99	4.49	4.04
1112310	RS-540SH-5045-12	4.5 - 12.0	12	17500	0.95	15080	5.93	31.8	324	50.1	4.99	4.49	4.04
1112052	RS-540SA-4070	6.0-12	12	11000	0.5	9360	2.87	235	23.04	22.58	4.99	4.49	4.04
1112054	RS-540SA-30100	12.0-24.0	24	15000	0.6	12700	2.8	320	31.37	41.7	4.99	4.49	4.04
	RS-540SA-26135	12.0-24.0	12	5100	0.23	4270	0.84	150	14.71	6.62	4.99	4.49	4.04
1112097	RS-540SA-16280	12.0-24.0	24	5100	0.1	4095	0.472	164.9	16.2	6.935	4.99	4.49	4.04
1112101	RS-540SA-20240	12.0-24.0	24	6060	0.18	5000	0.66	186	18.24	9.54	4.99	4.49	4.04
1111050	RS-775SH-7013	6.0-12.0	12	15500	2.2	12930	11.28	716	70.2	95.13	10.70	9.63	8.67
	RS-775SH-5028	12.0-24.0	12	7180	1.2	5800	4.91	669	65.6	39.9	10.70	9.63	8.67
1112066	RS-775SH-3070	12.0-36.0	24	5650	0.4	4860	1.56	512	50.2	25.6	10.70	9.63	8.67
	RS-775SH-2885	12.0-36.0	24	4700	0.35	3850	1.26	491	48.1	19.42	10.70	9.63	8.67

RS-365	RS-385	RS-545	RS-380	RS-550
				
27.7 Diameter x 32.6 Length x 15.6 Shaft (mm)	27.7 Diameter x 37.8 Length x 16.4 Shaft (mm)	35.8 Diameter x 50.0 Length x 17.0 Shaft (mm)	27.7 Diameter x 37.8 Length x 16.4 Shaft (mm)	38.5 Diameter x 57.0 Length x 13.2 Shaft (mm)
Hair Dryer	Hair Dryer, Printer	Hair Dryer, Printer	Vacuum Cleaner	Drill Screwdriver Tools

RS-380	RS-775	RS-540	RK-370	FF-180
				
27.7 Diameter x 37.8 Length x 16.4 Shaft (mm)	47.0 Diameter x 67.0 Length x 18.2 Shaft (mm)	35.8 Diameter x 50.0 Length x 13.0 Shaft (mm)	24.4 Diameter x 30.8 Length x 10.5 Shaft (mm)	20.4 Diameter x 32.1 Length x 8.55 Shaft (mm)
Vacuum Cleaner	Drill Screwdriver Tools	Drill Screwdriver Tools	Styling Brush	Electric Shaver

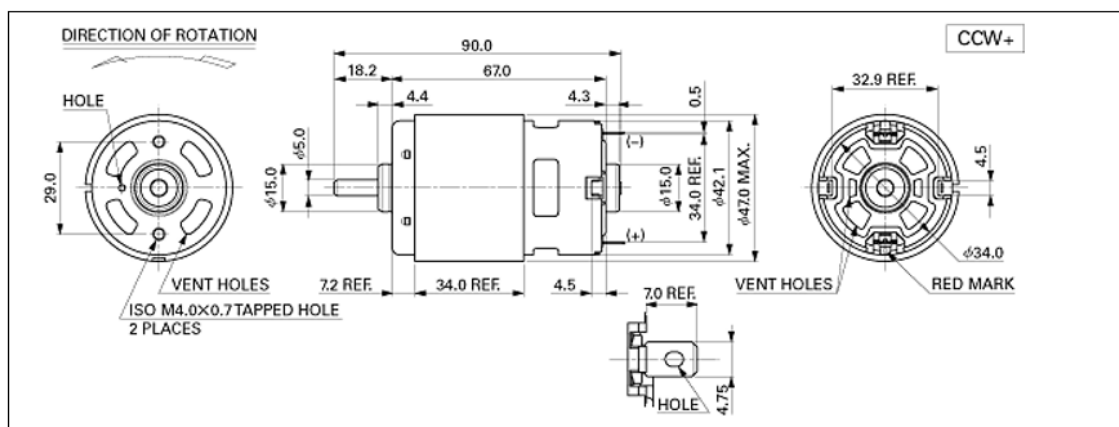


Рисунок 1.4.1 - Каталог

Ці двигуни є найрозповсюдженішими і легкодоступними через те, що їх використовують у побутовій, будівельній, іграшковій та інших сферах. Звісно, випускають їх не тільки ця компанія, але й багато інших. Характеристики від цього сильно не змінюються.

В даному проекті, буде використовуватись двигун RS-550VC-7527. Через його легко доступність, його характеристику та простоту керування.

Отже, я розглянув які двигуни існують у продажу, їх характеристики, спосіб керування, ціну, розміри та термін дії. І виходячи з представленої задачі було вирішено, що двигун RS-550VC-7527 підходить за рядом параметрів.

1.5. Огляд матеріалів

В цьому розділі описано які матеріали використовуються в 3д-печаті, їх опис, характеристики та місце застосування.

1.5.1 ABS ECO

Це відносно жорсткий матеріал, з властивою йому матовою структурою на готових виробках. Нитка виготовлена на основі низькомолекулярного сировини, через що даний матеріал вигідно застосовувати для виготовлення недорогих жорстких виробів в яких невеликий строк експлуатації, та до яких не пред'являються високі вимоги, як наприклад до виробів із звичайного АБС. Він підходить для друку маленьких виробів (до 10 см) для декоративного застосування. Під час друку у відкритому принтері присутні деформації за умови швидкого охолодження моделі. [17]

МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

Параметри Значення:

- Температура експлуатації, °C – -20 – +80
- Щільність, г/см³ – 1,06
- Відносне подовження при розриві, % – 2
- Міцність на розтяг, МПа – 40
- Модуль пружності при розтягуванні, МПа – 2300
- Модуль пружності при вигині, МПа – 2200
- Міцність при вигині, МПа – 50-60
- Ударна в'язкість непроникна по Шарпи (23°C), кДж/м² – 165
- Водопоглинення, % 24г/23°C, % – 1

1.5.2 ABS

Полімер, який отримують при полімеризації стиролу і акрилонітрилу в наявності полібутадієну. Пропорції можуть змінюватись від 15 до 35% акрилонітрилу, від 5 до 30% бутадієну та від 40 до 60% стиролу. Будучи полімером стиролу або полістирол, бутадієну або каучук і акрилонітрилу або SAN-пластики він зібрав в собі більшість переваг цих полімерів. У даній суміші акрилонітрил дає поверхневу твердість і стійкість до корозій, відмінну ударну в'язкість і міцність забезпечує бутадієн, а стирол надає матеріалу жорсткість. Отже, ABS, як матеріал при експлуатації, фактично без недоліків: він механічно міцний, стійкий до розчинів лугів, термостійкий, спиртів, кислот, проте легко може бути оброблений, як механічно, так і хімічно (обробка парами ацетону), до того ж він легко склеюється ацетоном, утворюючи при цьому, фактично, монолітну структуру. [18]

ПЕРЕВАГА:

- міцний, ударостійкий полімер;
- володіє хорошою пластичністю, витримують багаторазові деформації на вигин;
- розчиняється в ацетоні та етилацетаті, це дозволяє робити обробку поверхні моделі, та збільшити між адгезію між прошарками;
- стійкий до дій лугів, кислот;
- витривалий до дії температур, з широким діапазоном експлуатаційної температури у готовій продукції (від -40°C до +85°C);
- добре піддається механічній обробці;
- володіє довговічністю;
- не має токсичної дії при експлуатації готових виробів;
- не піддається впливу вологи (надрукований виріб);

МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

Параметри Значення:

- Температура експлуатації, °C – -20 - 80
- Щільність, г/см³ – 1,05
- Відносне подовження при розриві, % – 30%
- Міцність на розтяг, МПа – 40
- Модуль пружності при вигині, МПа – 2500
- Модуль пружності розтягнення, МПа – 2600
- Ударна в'язкість, кДж/м² – 196
- Міцність при вигині, МПа – 55-70
- Водопоглинення, % 24г/23°C, % – 1%

1.5.3 ABS+

Це новий полімерний матеріал, який був спеціально створений для якісного 3д-друку. Його модифікована формула дозволяє використовувати пластик для друку різних виробів при температурах значно нижче, ніж від звичайного ABS, зовсім забувши про проблеми які виникають при прилипанні до столу, та деформації виробу при печаті. [19]

ПЕРЕВАГА:

- Добре приклеюється до платформи принтера, на відміну від звичайного ABS;
- істотне зменшення деформацій;
- висока адгезія між шарами усуває проблему розсолення;
- розчинний в ацетоні та етилацетаті;
- добре оброблюється механічним способом;

- він стійкий до дій температур. Широкий діапазон експлуатаційних температур готових виробів (від -40°C до +80°C);
- має високу довговічність;
- не піддається впливу вологості;
- не токсичний при експлуатації готових виробів.

МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

Параметри Значення:

- Температура експлуатації, °C – -20–80
- Щільність, г/см³ – 1,05
- Відносне подовження при розриві, % – 35%
- Міцність на розтяг, МПа 40
- Модуль пружності при вигині, МПа – 2800
- Модуль пружності розтягнення, МПа – 2700
- Ударна в'язкість по Шарпі (23°C), кДж/м² – 208
- Міцність при вигині, МПа – 70-80
- Водопоглинення, % 24г/23°C, % – 1%

1.5.4 Поліетилентерефталат

(КоПЕТ, соРЕТ, РЕТG) Полімер – пластмас одержуваний за допомогою додавання до складу базового полімеру ПЕТ гідроксиметилу циклогексану. соРЕТ – являє собою аморфний матеріал з глянцевою гладкою поверхнею, що відрізняється дуже високою прозорістю та рівномірним світлорозсіюванням, відсутністю у складі пластику шкідливих компонентів, вогнестійкістю, високою удароміцністю, стійкістю до хімічних речовин. Його також називають «пляшковий» через те що, він використовується при виготовленні пляшок для

газованих напоїв та води. Застосування для 3д-печаті пояснюється простотою та зручністю роботи з ним. [20]

ПЕРЕВАГА:

- Володіє високою ударною в'язкістю;
- стійкий до води і водних розчинів солей, рослинних і тваринних жирів, розведених кислот і лугів;
- температура тривалої експлуатації: $-40 + 70^{\circ}\text{C}$;
- в холодному стані згинається без побіління в місцях вигину;
- переважно аморфний та не здатний кристалізуватися;
- не виявляє токсичний вплив;
- володіє рівномірним світлорозсіюванням та високою прозорістю.
- висока розмірна стабільність;

МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

Параметри Значення:

- Температура експлуатації, $^{\circ}\text{C}$ – $-20 - +70$
- Щільність, г/см^3 – 1,25
- Відносне подовження при розриві, % – 24%
- Міцність на розтягування, МПа – 50
- Модуль пружності при вигині, МПа – 1980
- Модуль пружності розтягнення, МПа – 1920
- Твердість по Роквеллу, HR – 104
- Міцність при вигині, МПа – 76
- Водопоглинення, % $24\text{г}/23^{\circ}\text{C}$, % – 3%

1.5.5 PLA

Цей пластик представляє з себе біорозкладний термопластичний полієфір, отримуваний на основі молочних кислот – продуктів переробки крохмалю, кукурудзи, целюлози, цукрового очерету. При нагріванні, з'являється солодкий запах крохмалю.

PLA – це пластик, який є найкращим з матеріалів для початку роботи з 3D-принтером. Майже повна відсутність усадки в цього полімера сприяє правильному друку моделей, до того ж забезпечує максимальну роздільну здатність під час друку, це дозволяє створювати моделі з більшими геометричними труднощами, ніж при застосуванні ABS. Під час друку PLA-пластиком бажано застосовувати вентилятори для більш швидкісного затвердіння виробів та досягнення більшої якості печаті. При гарному охолодженні він дозволяє друкувати на великих швидкостях, з меншою висотою шару та гострішими кутами. Попри ці переваги які поєднанні з малою деформацією, PLA - зазвичай обирають для шкільних та домашніх принтерів. [21]

ПЕРЕВАГА:

- стабільність розмірів;
- не токсичність;
- простота друку та повна відсутність розсолення між шарами, хороша адгезія до платформ;
- роздрукований виріб не потребує додаткової обробки;
- дозволяє друкувати вироби без елементів підтримок з великими кутами нахилу (до 60°).

МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

Параметри Значення:

- Температура експлуатації, °C – -10 +50
- Щільність, г/см³ – 1,24
- Міцність на розтяг, МПа – 51
- Температура експлуатації, °C – -10 +50
- Модуль пружності розтягнення, МПа – 2300
- Відносне подовження при розриві, % – 30
- Міцність при вигині, МПа – 80
- Модуль пружності при вигині, МПа – 1440
- Ударна в'язкість по Шарпі (23°C), кДж/м² – 102
- Водопоглинення, % 24г/23°C, % – 0,7

1.5.6 Elastan

Матеріал з високою еластичністю, який добре підходить для 3д-печаті еластичних виробів. Цей матеріал можна застосовувати в багатьох агресивних середовищах. Elastan витримує широкий діапазон температур експлуатації від -40 + 120 °C. Твердість у Elastan може змінюватись в широкому діапазоні. Elastan - це пластик, який чудово застосовувати для 3д-печаті деталей механізмів та машин, які піддаються динамічним навантаженням. Деталі, надруковані на 3д-принтері з еластану можуть використовуватися практично у всіх галузях промисловості, ось наприклад, це можуть бути як декоративні або захисні покриття, ізолятори, деталі малопотужних машин, креативна еластична упаковка чи тара. Висока стійкість до зносів цього матеріалу дозволяє застосовувати його для друку підошов або взуття. [22]

ПЕРЕВАГА:

- висока зносостійкість;
- висока міцність і еластичність;

- відмінна стійкість до масл, жирів і багатьом розчинників;
- високий опір ударним навантаженням;
- виріб може піддаватися багаторазовим деформацій без побіління та розсолення моделі;
- температура експлуатації виробів: $-40 + 120^{\circ}\text{C}$.
- хороша стійкість до атмосферних впливів;

МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

Параметри Значення :

D70

- Температура експлуатації, $^{\circ}\text{C}$ – $-40 - +120$
- Щільність, г/см^3 – 1,15
- Відносне подовження при розриві, % – 370
- Міцність на розтяг, МПа – 57
- Водопоглинення, % $24\text{г}/23^{\circ}\text{C}$, % – 1%
- Міцність при вигині, МПа – 78

D100

- Температура експлуатації, $^{\circ}\text{C}$ – $-40 - +100$
- Щільність, г/см^3 – 1,18
- Відносне подовження при розриві, % – 436
- Міцність на розтяг, МПа – 68
- Водопоглинення, % $24\text{г}/23^{\circ}\text{C}$, % – 1,2
- Міцність при вигині, МПа – 46

D160

- Щільність, г/см^3 – 1,21
- Міцність на розтяг, МПа – 55

Температура експлуатації, °С – -40 - +80

- Міцність при вигині, МПа – 46
- Відносне подовження при розриві, % – 680
- Водопоглинення, % 24г/23°С, % – 1,5

1.5.7 Полікарбонат

Це – лінійний поліефір вугільної кислоти H_2CO_3 а також, ароматичного спирту. Він належить до групи аморфних термопластів, серед яких загальною зовнішньою ознакою є висока прозорість. При литті високим тиском цей матеріал залишається аморфним. Його кристалічна фаза присутня в малій кількості. Для того щоб кристалізувати звичайний РС, його необхідно витримати довгий час, не менше 8 днів, при великій температурі, не менше 180 °С, або ж у рідкому ацетоні. [23]

ПЕРЕВАГА:

- володіє високою жорсткістю та міцністю у поєднанні з надзвичайно високою стійкістю до ударних впливів, також за наявності підвищених, чи знижених температурах;
- витривалий до дії водних розчинів на основі мінеральних або органічних кислот, спиртів, бензину, масл;
- відмічений з чудовими оптичними властивостями
- можна використовувати з харчовими продуктами;
- експлуатація при температурах від -10 до +120°С.

МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

Параметри Значення:

- Температура експлуатації, °С – -10 - +120
- Щільність, г/см³ – 1,24

- Відносне подовження при розриві, % – 98
- Міцність на розтягування, МПа – 52
- Модуль пружності при вигині, МПа – 2500
- Модуль пружності розтягнення, МПа – 2000
- Ударна в'язкість, кДж/м² – 89
- Міцність при вигині, МПа – 100
- Водопоглинення, % 24г/23°С, % – 1

1.5.8 Поліетилентерефталат

Він найбільш поширений представник у класі поліефірів. Це продукт поліконденсації етиленгліколю та терефталевою кислотою. Цей полімер здатний знаходитись у двох фазових станах, у аморфному або кристалічному. Поліетилентерефталат - прозорий пластик в аморфному стані, твердий, безбарвний, та білий, непрозорий в кристалічному стані. Знову переходить у прозорий стан при нагріванні до температури склування, і залишається в цьому стані при різкому охолодженні і швидкому проході через зону кристалізації. Для цього пластику характерна висока ударна в'язкість, міцність, хороші діелектричні властивості.

При печаті PET пластмасою спочатку вироби знаходяться в аморфному стані та мають високу ударну в'язкість, володіють високим подовженням на розрив та витримують температури до 70 градусів. Ці вироби можливо кристалізувати, після цього процесу вони можуть витримувати температури до 200 градусів [24].

ПЕРЕВАГА:

- володіє високою ударостійкістю та механічною міцністю, стійкістю до тертя а також багаторазовим деформаціям при розтягуванні і вигині;

- володіє високою стійкістю до солей, кислот, лугів, парафінів, спиртів, мінеральних масл, жирів, бензину, ефіру;
- характеризується гарною пластичністю в нагрітому та холодному стані;
- температура експлуатації виробів від -60 до +200°C.

МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

Параметри Значення:

- Температура експлуатації, °C – -20 - +200
- Щільність, г/см³ – 1,27
- Відносне подовження при розриві, % – 50
- Модуль пружності розтягнення, МПа – 3000
- Міцність на розтяг, МПа – 70
- Міцність при вигині, МПа – 70
- Модуль пружності при вигині, МПа – 2700
- Ударна в'язкість, кДж/м² –
- Водопоглинення, % 24г/23°C, % – 2

1.5.9 Nylon

Цей матеріал відноситься до конструкційних, полімерних матеріалів. Нейлон – представляє закристалізований жорсткий пластик з високою міцністю на розрив і стійкістю до зносу. При цьому, нейлон, відрізняється високою температурою розм'якшення а також, еластичністю при низьких температурах. Це, для нас, дозволяє застосовувати його в умовах з ризькими, та великими температурними перепадами.

Нейлон має відносну стійкість до впливів різних хімічно активних речовин, наприклад: кетони, слабкі кислоти, вуглеводи, луги, спирти, масла та

ефіри. Деталі, виготовлені з нейлону, стійкі до кінетичних та ударних навантажень[25].

ПЕРЕВАГА:

- Хороша втомна міцність
- Висока механічна міцність, жорсткість, твердість і в'язкість
- Хороші властивості ковзання
- Висока механічна демпфуюча здатність
- Хороші ізоляційні властивості
- Дуже висока стійкість до зношування
- Добре склеюється
- Температура експлуатації виробів від -60 до +120°C;
- Хороша оброблюваність

МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

Параметри Значення:

- Температура експлуатації, °C – -30 - +120
- Щільність, г/см³ – 1,20
- Відносне подовження при розриві, % – 75
- Міцність на при розтягуванні, МПа – 78
- Модуль пружності при вигині, МПа – 2600
- Модуль пружності розтягнення, МПа – 2700
- Міцність при вигині, МПа – 70

1.5.10 Полібутілентерефталат

Це полімер, який відносять до складних насичених поліефірів. Він набув широкого розповсюдження у вигляді конструкційного пластику. Сфери його використання включають автомобільну промисловість, машинобудування,

радіотехніку, електротехніку та електроніку, побутову техніку, точну механіку, та товари широкого споживання [26].

ПЕРЕВАГА:

- не виділяє неприємний запах при печаті;
- за рахунок високої кристалічності полімеру в нього низька усадка;
- стійкий до теплового старіння;
- стійкий до тривалих статичних навантажень;
- при значних температурах може розчиняється в таких сумішах як тетрахлоретану з фенолом, та в дихлорбензолу з фенолом;
- гарно піддається механічній обробці;
- має широкий діапазон експлуатаційних температур від -30°C до $+120^{\circ}\text{C}$.

МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

Параметри Значення:

- Щільність, г/см^3 – 1,31
- Відносне подовження при розриві, % – 3
- Міцність на розтягування, МПа – 65
- Модуль пружності при вигині, МПа – 2500
- Модуль пружності розтягнення, МПа – 2550
- Міцність при вигині, МПа – 65
- Водопоглинення, % $24\text{г}/23^{\circ}\text{C}$, % – 1

1.5.11 Поліпропілен

Цей пластик являє собою одним з на більш розповсюджених в виробництві матеріалів, він широко використовуються для виробництва

харчової тари, дитячих іграшок, упаковки, посуду, труб. У 3д-печаті він застосовується відносно недавно і не так активно. Його переваг у нетоксичності, зносостійкості, високій ударостійкості, а також стійкості до температурних перепадів. Хоча, пластик не переносить температури нижче ніж 5 градусів, також він чутливий до ультрафіолету.

МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

Параметри Значення:

- Щільність, г/см³ – 0,9
- Температура експлуатації, °С – -5 - +130
- Міцність на розтягування, МПа – 250
- Відносне подовження при розриві, % – 200
- Модуль пружності розтягнення, МПа – 350
- Модуль пружності при вигині, МПа – 6700
- Ударна в'язкість з надрізом, кДж/м² – 33-80
- Водопоглинення, % 24г/23°С, % – 1

Отже, з розглянутих вище матеріалів, можна зробити висновок, що на сьогодні є велика кількість варіантів для повторної переробки пластику у необхідну для нас нить. Адже, майже весь оточуючий нас пластик підходить для переробки, та подальшого його, повторного, використання.

1.6 Переробка полімерів, їх характеристики

Застосування полімерного вторинного матеріалу дозволяє підприємству зменшити або взагалі не витратити кошти на утилізацію такого роду відходів. За використання допомогою вторинного матеріалу підприємство може економити на первинній сировині для виготовлення продукції. До плюсів використання вторинних матеріалів полімерів також входить те, що вторинні гранули досить довго зберігаються, на них не впливають зовнішні фактори, вони хімічно інертні та гідрофобні. Всі ці фактори впливають на собівартість готової продукції, а саме на її зниження та збільшення рентабельності підприємства.

Дуже багато виробництв вже оцінили переваги використання відходів полімерів ПЕ, ПП, ПВХ, ПС, ПК та АБС, а саме:

- індивідуальні пластики і їх суміші з певним складом можуть замінити вихідний матеріал в співвідношенні один до одного. Так званий коефіцієнт заміщення в цьому випадку дорівнює одиниці, що означає, що вторинний матеріал має такі ж функціональні властивості, як і відповідний вихідний;
- вторинні матеріали завдяки певним властивостям (низької щільності, довговічності, гідрофобності) можуть замінити камінь, деревину і бетон при таких застосуваннях, як формування профілів, звукоізолюючі матеріали тощо.

За більш низьких значень коефіцієнта заміщення, кількість переваг також зменшується. Дуже важливо використовувати якісно перероблений пластик та не використовувати сильно забруднений пластик або переробляти його хімічним методом або піролізом (спалювання), а потім використовувати. Низькі системні витрати і екологічність відходів стимулюють розвиток цієї сфери [33].

1.6.1 Структурна неоднорідність і домішки у вторинних матеріалах

В очищеному та розсортованому матеріалі також можуть бути присутні залишкові домішки та матеріал може бути неоднорідним за своєю структурою. В процесі першого етапу переробки полімеру відбуваються вагомні зміни, які викликає механічний та хімічний вплив. Термічна та фотоокислювана деструкція призводять до появи активних груп. Ці групи в процесі наступних переробок можуть запустити реакції окислення. Найбільші зміни при експлуатації можуть внести фотохімічні процеси. Також можуть виникати зшиті полімерні ланцюги внаслідок рекомбінації низькомолекулярних фрагментів, які утворюються в результаті процесу реакції диспропорціонування і деполімеризації при переробці полімеру.

Окрім різниці в будові, вторинні матеріали містять домішки в мікро-кількостях. Як приклад, це стабілізатори різних типів (термо-, світло-, антиоксиданти), які використовують при їх початковій переробці і застосуванні. Як приклад – фенольні оксиданти реагують з пероксидантами та утворюють фарбовані продукти реакції.

Результат реакції просторово ускладнених амінів (HAS) – це солі та рештки каталізаторів полімеризації. Іноді ці продукти утворюють нерозчинний в полімері осад, який впливає на в'язкість полімеру.

Каталітичні системи, які використовують у процесі полімеризації ПНД, впливають на стан полімеру при дедукції та на поведінку полімеру при переробці.

Саме тому, вторинні матеріали, які містять суміші навіть одного виду полімерів (або однієї марки), але від різних виробників можуть викликати велику кількість негативних наслідків, навіть більше, ніж полімери різних виробників. Також на стабільність вихідного матеріалу та його параметри

можуть негативно впливати: антипірени, друкарські фарби, залишки барвників, поверхнево-активних речовин, адгезивів, залишки контактуючих середовищ (жирів, масел).

І, нарешті, забруднення чужорідними полімерами може повністю погіршити властивості вторинного матеріалу, тому що більшість сумішей полімерів є несумісними. При цьому значно погіршуються механічні властивості, а також його переробка і довговічність.

Ось деякі приклади:

- домішки ПЕ в пляшкових сортах ПВХ при переробці знижує його термостійкість,
- домішки ПВХ викликають деструкцію ПЕТ при переробці і зменшують термостійкість поліолефінів,
- суміші полімерів, що містять діоксид титану, прискорюють процес фотохімічної деструкції поліамідів,
- амідна мастило (ковзні добавки) викликає деструкцію ПК у вторинних сумішах ПК/АБС [33].

1.6.2 Попередня обробка полімерів

Пластик, який вже був перероблений зазвичай не може бути повторно використаний в одному вигляді, він знову повинен пройти обробку.

Для підвищення якості вторинних матеріалів застосовують такі процеси:

- промивка;
- сушка
- сепарація;
- сортування
- подрібнення;

- гранулювання з введенням антиоксидантів та модифікаторів ударної в'язкості;
- введення стабілізаторів;
- введення мінеральних наповнювачів
- введення пігментів.

Наведені на рис. 1.6.1 та рис. 1.6.2 дані показують, що тип машини для повторної переробки та умови переробки істотно впливають на кінцеві властивості вторинного матеріалу (в даному випадку ПНД). [33]

Поліетилен

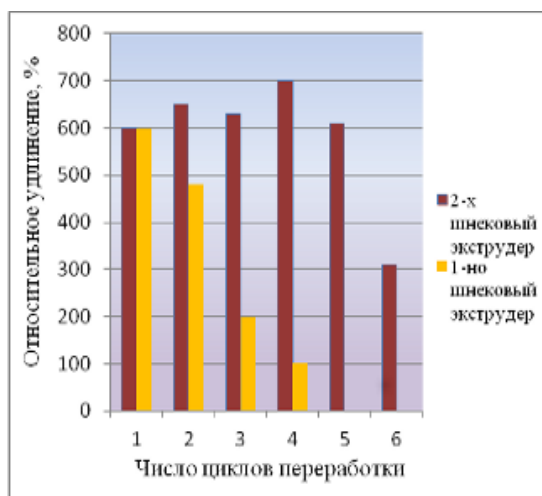


Рисунок 1.6.1

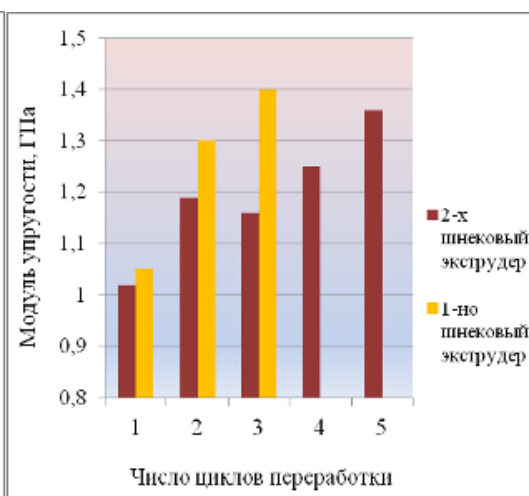


Рисунок 1.6.2

На прикладі результатів зміни модуля пружності та відносного подовження видно, що на одношнековому екструдері термодекструкція розплаву більша. Це відбулося через збільшення часу переробки.

На рис. 1.6.3 та рис. 1.6.4 наведені значення відносного подовження і міцності на розрив для зразків з різним відсотковим вмістом вторинного поліетилену.

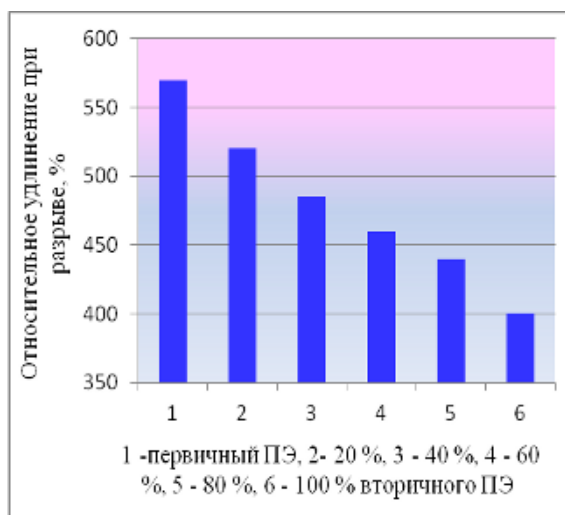


Рисунок 1.6.3

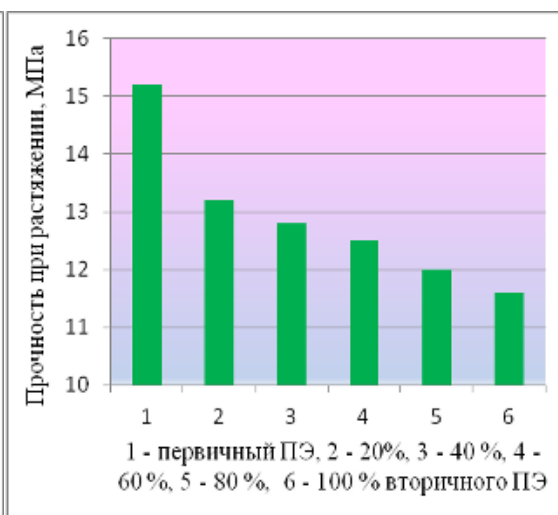


Рисунок 1.6.4

Така залежність характерна для кожного виду вторинної сировини – ПНД і ПВД (видувних пляшок, відходи плівки, ливарні відходи). Зміни властивостей та вплив складів вторинної сировини на властивості сумішей доводить така картина. Переробка вторинної матеріалу на основі ПВД при недостатньому вмісті стабілізаторів спричиняє зшиванню, зниження продуктивності, зміни кольору (пожовтіння), зменшення механічних властивостей. Посилаючись на (табл 1.6.1) додавання стабілізаторів в деякій мірі дозволяє уникнути цих недоліків. [27]

Таблица 1.6.1

	ПТР (230С / 2,16 кг), после экструзии			Предел прочности при растяжении Н/мм2	Относительное удлинение, %
	первой	второй	пятой		
Без повторной стабилизации	0,6	0,41	0,38	14,8	250
добавка 0,20 % стабилизатора	0,79	0,85	0,9	18,1	340

Полістирол

Під дією високих температур відбувається деструкція полістиролу. Однак при наявності кисню процес істотно прискорюється. На рис. 1.6.9 зображено зменшення молекулярної маси після нагріву при різних температурах в середовищі азоту і кисневому середовищі.

В азотній атмосфері молекулярна маса ПС є незмінною, в той час як при поєднанні з киснем відбувається різке падіння.

Швидке падіння молекулярної маси впливає на зменшення в'язкості розплаву полімеру, тобто, на збільшення показника текучості розплаву. Виходячі з зображень на рис. 1.6.10 та рис. 1.6.11 механічні параметри змінюються слабо. А їх постійність можна пояснити як зниження величини зсувних напружень, котрі майже не змінюють ударну в'язкість а також відносне подовження завдяки високому ПТР. [27]

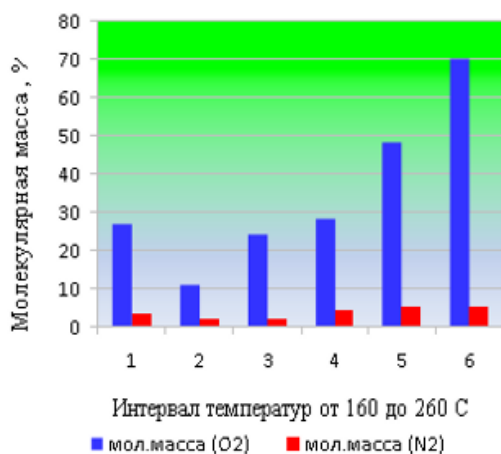


Рисунок 1.6.9

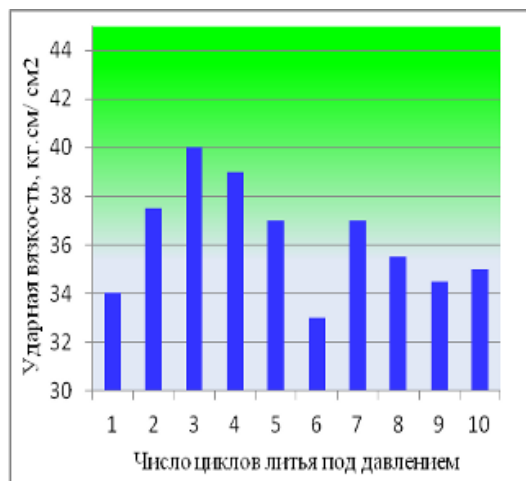


Рисунок 1.6.10

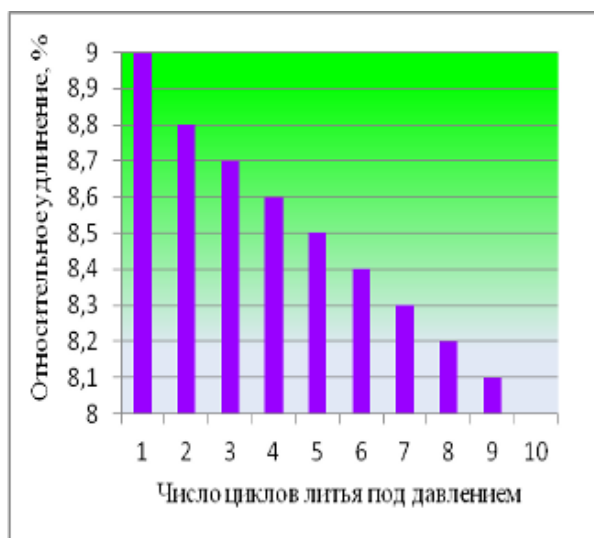


Рисунок 1.6.11

Полівінілхлорид

Найбільший недолік ПВХ є його обмеження термостійкості, це вимагає додавання термостабілізаторів для того щоб, запобігти тотальній деструкції. Так як при його переробці витрачаються стабілізатори, до того ж під час експлуатації виробів, виходить що, термостійкість ПВХ зменшується після кожного циклу переробки.

Термічна деструкція ПВХ призводить до утворення подвійних зв'язків, та клейних структур через втрату хлорводородної кислоти. Як наслідок на етапі переробки розплаву зростає в'язкість, і відповідно зростає крутний момент.

На рис. 1.6.12 зображено як впливають умови технологічного процесу на те, коли буде початок динамічної термічної деструкції. З діаграми робимо висновок що, коли на шнеку за одних і тих самих обертах, з підвищенням температури в камері розплаву, час початку термічної деструкції швидко зменшується. При збільшенні швидкості обертання шнека практично відразу настає деструкція полімеру. Робимо висновок що, параметр температури та швидкості обертання шнеку є істотними параметрами впливу.

При наявності у вихідному складі полімеру стабілізаторів, термостійкість матеріалу швидко знижується при його повторних переробках. На рис. 1.6.13 зображено, що термічна деструкція настає швидше зі зростанням циклів переробки [27].

Вторинний матеріал був отриманий з експлуатованих віконних рам з ПВХ.

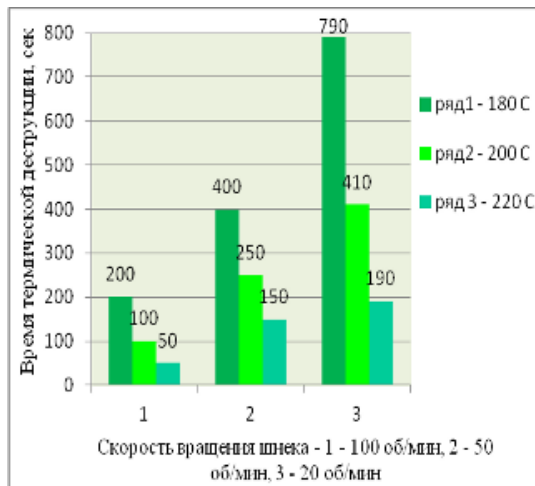


Рисунок 1.6.12

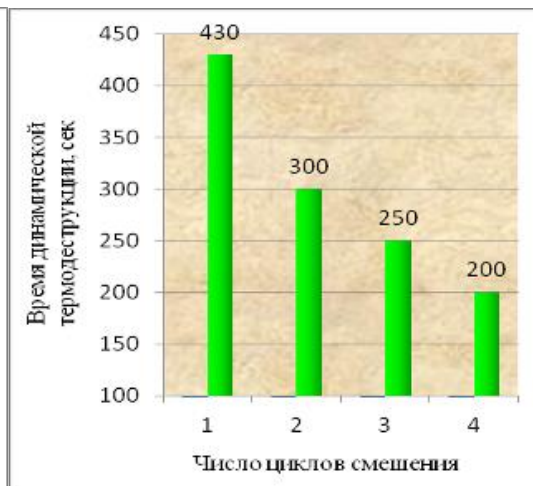


Рисунок 1.6.13

Полікарбонат

Присвячено багато робіт як впливає вторинна переробка на будову та властивості полікарбонату.

В багатьох дослідженнях було чітко визначено, що хімічна будова не змінюється незалежно від числа циклів переробки.

Молекулярна маса після переробки матеріалу на різних температурних режимах трохи зменшувалася. Це чудово зображено на рис. 1.6.14, в якому наведено діаграми зміни показання текучості розплаву в залежності від температури переробки.

При 360 градусів в зрівнянні зі значеннями при 260 градусами говорять про те, що полімер піддається також окисним процесам. Також чутливий до

переробки колір полікарбонату. Спочатку безбарвний, потім прозорий матеріал послідовно зі збільшенням кількості циклів темнів, але зберігав при цьому свою прозорість.

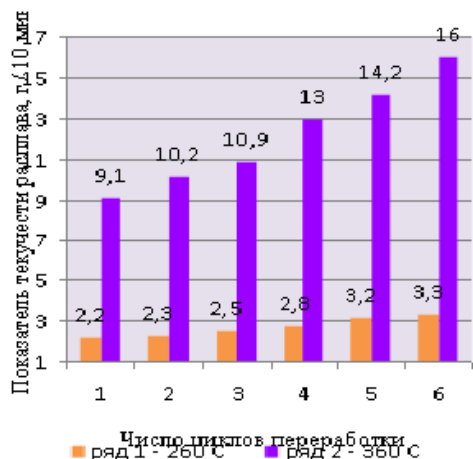


Рисунок 1.6.14

На рис. 1.6.15 чітко видно, що механічна міцність полікарбонату практично не залежить від температури переробки. Вона залишається практично без зміни при п'яти циклах переробки. Значення падають тільки після шести циклів внаслідок термічних та окисних процесів, які почали проходити в полімері. [27]

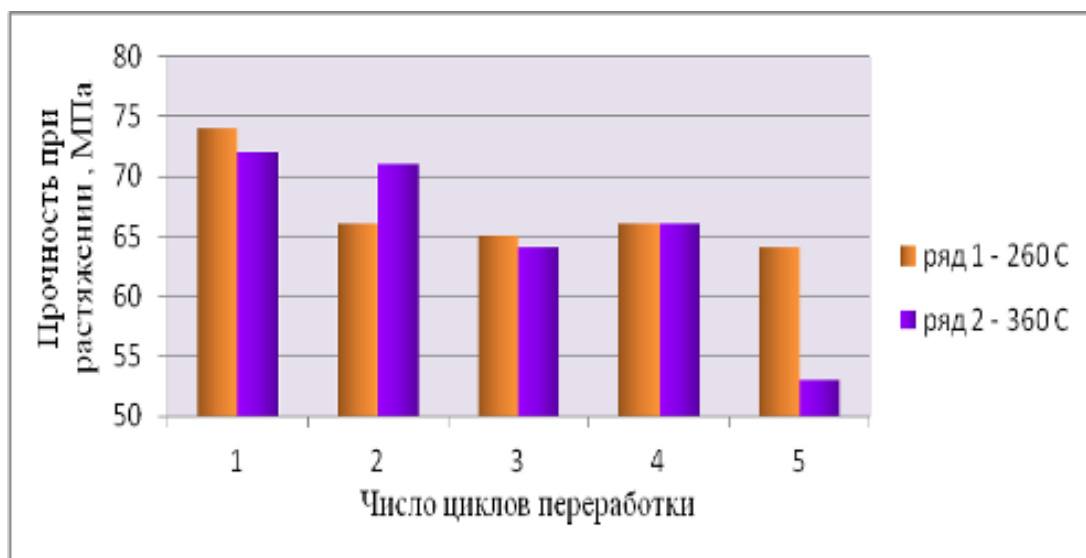


Рисунок 1.6.15

Полімерні суміші

Часто використовуються спеціальні зміцнені суміші. Одна з таких сумішей знайшла широке комерційне поширення. Ця суміш включає АБС-пластик.

Переробка пластика такої суміші як ПК з АБС на виробничих силах компанії Bayer проводиться литтям під високим тиском при температурі не нижче 260 градусів. На підставі досліджень сучасними методами спектроскопії було отримано результати, які засвідчують про те, що хімічна будова ПК залишилась такою же, а в АБС-пластиці відбулися деякі хімічні зміни.

Зміни були викликані окисної деструкцією бутадієнового компонента, тобто реакціями зшивання, такі реакції знижують "гумоподібність" бутадієнового компонента. Через те, що ПК не має низькотемпературних ланок в ланцюзі, означає, що його пластичність майже залишається постійною при шести та більше циклах переробки, а суміш ПК та АБС може витримати тільки два цикли без змін. Характеристика зміни пластичності такої суміші ПК з АБС представлена на рис. 1.6.16 [27].

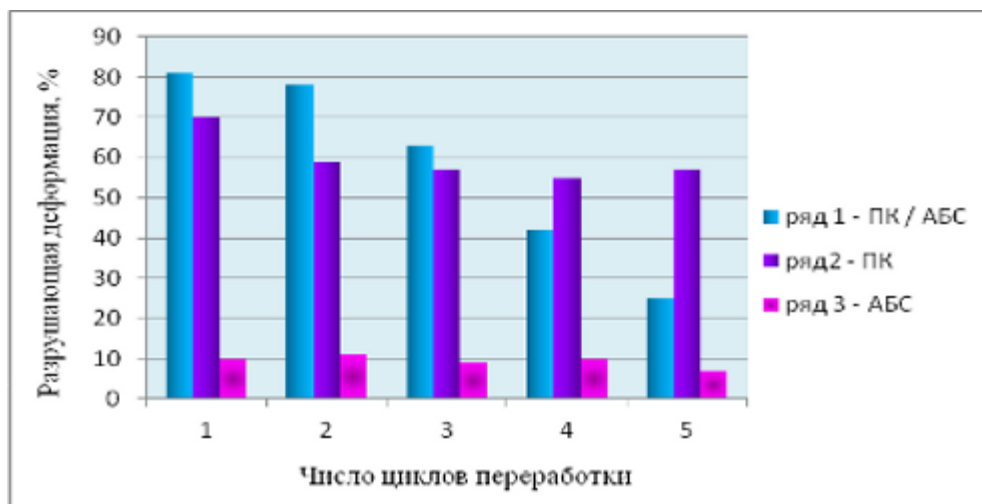


Рисунок 1.6.16

1.6.3 Висновок

Покращення робочих параметрів вторинних матеріалів є необхідною умовою для продовження, через те що йде розвиток ринку на кінцеві продуктів повторної переробки з пластмас. Для того щоб відкривати нові шляхи на використання вторинних полімерів в дорогих проектах, потрібно використовувати нові відновлювальні технології та системи. Повторне введення пігментів значно покращує зовнішній вигляд вторинних пластмас, які були розсортовані за кольором і використовуються в додатках замкнутого циклу.

1.7 Структурна схема екструдеру

Принцип роботи структури екструдеру зображено на схемі ДП ПІ51. 03.000 ТК. Блок живлення подає напругу на мікроконтролер, екран, датчики та двигуни. В свою чергу Мікроконтролер виконує керування всього процесу. Він зчитує інформацію, яка надходить з датчиків а також налаштування які задає користувач, та виконує кування двигунами, нагрівачем та насосом. Всю необхідну інформацію відправляє та отримує з сенсорного екрану.

Коли задаються параметри для роботи, мікроконтролер зчитує по черзі показання з кожного датчику, та орієнтуючись з результату робить висновок як необхідно вплинути на ту чи іншу систему.

Наприклад. Ми задаємо швидкість оберту шнеку 6 обертів за хв. Враховуючи передаточне число на редукторі ми вираховуємо інтервал часу за один оберт. Кількість обертів на двигуні, а саме там стоїть датчик, буде дорівнювати 24, так як передаточне число редуктора 4 до 1. Тож за один оберт на двигуні пройде 60/24 секунди, тобто 2.5 секунди. Цей час ми й будемо виміряти. Якщо результат більше 2.5 сек, то напругу на двигун необхідно збільшити. А якщо менше 2.5 сек, то зменшити.

При регулюванні температур, ми задаємо певний інтервал за яким вмикаємо чи вимикаємо реле.

Наприклад. Якщо необхідна температура 280 градусів, то інтервал буде 278-282 градуси. Якщо температура менше 278, то реле вмикається і сопло нагрівається. Після чого, якщо температура дорівнює 282, то реле переключиться і сопло почне охолоджуватись, але лише до того моменту як температура стане 278 градусів. Далі все йде по колу.

Отже, пристрій може працювати автономно. Усе, що потрібно для роботи це засипати матеріал, задати налаштування та протягнути нитку до котушки де і закріпити її. При появленні несправності система сповістить гучним сигналом, та

виведе на екран проблему. У разі необхідності, програма зупинить весь або частину роботи установки.

1.8 Розрахунки

1.8.1 Розрахунок кількості обертів за хвилину на шнеку.

Для того щоб пропустити 1 кг матеріалу через екструдер необхідно вирахувати кількість обертів шнеку. Для цієї задачі необхідно знати крок одного оберту спіралі різьби на шнеку, та об'єм пустого простору на цьому проміжку.

Експериментально ми визначили, що крок різьби $L_{\text{різб.}}$ та об'єм $V_{\text{шнеку}}$ який вона займає дорівнює 32 мм. Та 4,75 см квадратних відповідно. Також відомо що, діаметр $D_{\text{шнеку}}$ шнеку дорівнює 20 мм. З цих даних можна вирахувати об'єм пустоти, який і буде заповненим матеріалом.

$$V_{\text{пустоти}} = \pi * R^2 * L_{\text{різб}} - V_{\text{шнеку}}, \quad (1.8.1.1)$$

де R – радіус;

$L_{\text{різб}}$ – крок різьби;

$V_{\text{шнеку}}$ – об'єм шнеку на один крок.

$$V_{\text{пустоти}} = \pi * 1^2 * 3,2 - 4,75 = 5,3 \text{ см}^2$$

Зараз розрахуємо кількість обертів на шнеку за умовою, що використовується поліетилентерефталат, який має щільність ρ – 1.33-1.4 грам на см^2 , та наповненість пустот сто відсоткова. Тож для того щоб дізнатись кількість необхідних обертів за хвилину N , необхідно масу m – 1 кг перевести у об'єм V та поділити на об'єм $V_{\text{пустоти}}$ шнеку помножений на 60, так як маса 1 кілограм – це за годину.

$$V = \frac{m}{\rho}, \quad (1.8.1.2)$$

де V – об'єм;

M – маса;

ρ - щільність.

$$V = \frac{1000}{1,4} = 714,3 \text{ см}^3$$

$$N = \frac{V}{V_{\text{пустоти}} \cdot 60}, \quad (1.8.1.3)$$

де N – кількість обертів за хвилину.

$$N = \frac{714,3}{5,3 \cdot 60} = 2,25 \text{ об/хв}$$

Так як заповненість навряд чи буде повною, та щільність деяких пластиків може бути значно менше, візьмемо коефіцієнт запасу $k = 2$.

Отже, на шнеку швидкість обертів повинна бути:

$$N = N \cdot k \quad (1.8.1.4)$$

$$N = 2,25 \cdot 2 = 4,5 \text{ об/хв.}$$

Також можна зробити висновок що, передаточне відношення від двигуна до шнеку буде 4 до 1.

1.8.2 Розрахунок кількості обертів за хвилину на ролику.

Для того щоб протягнути 1 кг матеріалу через протягуючі ролики, необхідно розрахувати необхідну кількість обертів на них.

За одну годину через сопло пройде матеріалу об'ємом $V = 714,3 \text{ см}^3$.

Так як нам необхідна довжина ниті $L_{\text{ниті}}$, знайдемо її довжину з наступного рівняння.

$$V = \pi * R_{\text{ниті}}^2 * L_{\text{ниті}}, \quad (1.8.2.1)$$

де $R_{\text{ниті}}$ – радіус ниті;

$L_{\text{ниті}}$ – довжина ниті.

Звідси:

$$L_{\text{ниті}} = \frac{V}{\pi * R_{\text{ниті}}^2} \quad (1.8.2.2)$$

$$L_{\text{ниті}} = \frac{714,3}{\pi * 0,0875^2} = 29697 \text{ см}$$

Далі знайдемо довжину $L_{\text{ролика}}$. Так як радіус ролика дорівнює 2 см, то $L_{\text{ролика}}$ дорівнює:

$$L = 2 * \pi * R, \quad (1.8.2.3)$$

де L – довжина дуги;

R – радіус.

$$L_{\text{ролика}} = 2 * \pi * 2 = 12,57 \text{ см}$$

Тепер розрахуємо кількість обертів ролику за одну хв. Для цього необхідно $L_{\text{ниті}}$ поділити на $L_{\text{ролика}}$ та поділити на 60, так як довжина за 1 годину.

$$N_{\text{ролика}} = \frac{L_{\text{ниті}}}{L_{\text{ролика}} * 60} \quad (1.8.2.4)$$

$$N_{\text{ролика}} = \frac{29697}{12,57 * 60} = 39,38 \text{ об/хв.}$$

Для забезпечення гнучкості та швидкого реагування візьмемо коефіцієнт запасу $k_{\text{натягувача}} = 1,25$.

Отже, кількість обертів за хвилину на натягувачі, яка необхідна, буде:

$$N_{\text{ролика}} = N_{\text{ролика}} * k_{\text{натягувача}} \quad (1.8.2.5)$$

$$N_{\text{ролика}} = 39,38 * 1,25 = 49,2 \approx 50 \text{ об/хв.}$$

З цього можна зробити висновок, що передаточне відношення редуктору буде 3 до 1, так як на виході двигуна 150 обертів за хвилину.

1.8.3 Розрахунок швидкості обертів намотування ниті на котушку.

Так як на котушці по мірі наповнення змінюється радіус, то зрозуміло, що на початку швидкість буде швидше ніж коли вона заповниться. Тож, розрахуємо цю швидкість коли вона зовсім порожня. Внутрішній радіус котушки $R_{\text{порожн}} = 5$ см. Так як екструдер продавлює 29697 см ниті за годину, що дорівнює 495 см за хвилину, а довжина кола $L_{\text{кола}}$ радіусом 5 см дорівнює:

$$L_{\text{кола}} = 2 * \pi * R_{\text{порожн}}, \quad (1.8.3.1)$$

де $R_{\text{порожн}}$ – радіус котушки;

$L_{\text{кола}}$ – довжина дуги кола.

$$L_{\text{кола}} = 2 * \pi * 5 \approx 31,42 \text{ см}$$

Тож, швидкість, яка необхідна для того щоб встигнути намотувати нить повинна бути наступна:

$$N_{\text{катушки}} = \frac{L_{\text{ниті}}}{L_{\text{кола}} * 60} \quad (1.8.3.2)$$

$$N_{\text{катушки}} = \frac{29697}{31,42 * 60} = 15,75 \text{ об/хв.}$$

Отже, для того щоб котушка встигла намотувати нить необхідно 15,75 обертів за хвили, але для надійності візьмемо коефіцієнт запасу $k_{\text{котушки}} = 1.25$. Тож для ней сто відсотків вистачить 20 обертів за хвилину.

$$N_{\text{котушки}} = N_{\text{котушки}} * k_{\text{котушки}} = 15,75 * 1,25 \approx 20 \text{ об/хв.} \quad (1.8.3.3)$$

Робимо висновок, що передаточне відношення ремінної передачі може бути як 7 до 1.

1.8.4 Розрахунок потужності нагрівача

Для того щоб нагріти один кілограм матеріалу за одну годину роботи, нам потрібно розрахувати потужність нагрівача.

З характеристик відомо що, питома теплоємність поліетиленутетрафталату дорівнює – 1000 Дж/(кг·К).

Отже, тепер треба знайти необхідну кількість енергії для того щоб нагріти 1 кілограм пластику. Так як необхідна температура для виготовлення PET пластику дорівнює 280 градусів, а початкова температура приблизно 20 градусів, можна вирахувати кількість енергії $E_{\text{нагр}}$ з наступного рівняння:

$$E_{\text{нагр}} = (T_2 - T_1) * c * m, \quad (1.8.4.1)$$

де c – теплоємність;

T – температура;

m – маса.

$$E_{\text{нагр}} = (280 - 20) * 1000 * 1 = 260000 \text{ Дж}$$

Тепер переведемо це значення у Ватт, для того щоб знати яку потужність підібрати для нагрівача. Так як Ватт це один джоуль за секунду, а наше число це за годину, то потрібно поділити його на 3600:

$$P_{\text{нагр}} = \frac{E_{\text{нагр}}}{3600}, \quad (1.8.4.2)$$

де Р – потужність.

$$P_{\text{нагр}} = \frac{260000}{3600} = 72,22 \text{ Вт.}$$

Також необхідно розрахувати скільки енергії витрачається на розсіюванні тепла водяним охолодженням. Температура на вході охолоджувача $T_1 = 65$ градусів, а на виході $T_2 = 70$ градусів. Також об'єм, який проходить через охолоджувач – 0,2 літри за хвилину, або кількість води за секунду $G_{\text{води}} = 0,00333$ кілограм за секунду. За формулою вирахуємо скільки енергій відводить охолоджувач.

$$E_{\text{охол}} = G_{\text{води}} * c_{\text{води}} * (T_2 - T_1), \quad (1.8.4.3)$$

де G – кількість води за секунду.

$$E_{\text{охол}} = 0.00333 * 4118 * (70 - 65) = 68.56 \text{ Дж}$$

Тож за секунду на охолодження витрачається 68,56 Дж, або $P_{\text{охоло}} = 68,56$ Вт.

Зараз знайдемо кількість енергії, що розсіюється у навколишнє середовище через повітря. Так як нагрівальна частина обмотана теплоізоляційним матеріалом, втрати на ній будуть невеликі. Матеріал яким створено теплоізоляцію було обрано скловолокно. Воно має невеликий коефіцієнт теплопровідності $\alpha = 0,036$ Вт/м*К. Довжина корпусу складає $L_k = 0,12$ метрів, Діаметр $D_k = 0,08$ метрів. Температура навколишнього середовища $T_1 = 20$ градусів, та температура корпусу дорівнює $T_2 = 40$ градусів.

Знайдемо площу S корпусу, вона складається з циліндру $S_{\text{ц}}$ та кола S_k :

$$S = S_{\text{ц}} + S_{\text{к}} = \pi * D_{\text{к}} * L_{\text{к}} + \pi * \left(\frac{D_{\text{к}}}{2}\right)^2, \quad (1.8.4.4)$$

де S – площа;

$D_{\text{к}}$ – діаметр корпусу;

$L_{\text{к}}$ – довжина корпусу.

$$S = \pi * 0,08 * 0,12 + \pi * \left(\frac{0,08}{2}\right)^2 \approx 0.035 \text{ м}^2$$

Зараз розрахуємо яку кількість енергії $E_{\text{розс}}$ розсіює ця поверхня.

$$E_{\text{розс}} = S * \alpha * (T_2 - T_1) \quad (1.8.4.5)$$

$$E_{\text{розс}} = 0.035 * 0.036 * (40 - 20) = 2.52 \text{ Дж}$$

Так як Ватт – це один Джоуль за секунду, виходить, що розсіювання складає $P_{\text{розс}} = 2,52 \text{ Вт}$.

Розрахуємо загальну кількість необхідної потужності для роботи нагрівного елемента.

$$P = P_{\text{нагр}} + P_{\text{охол}} + P_{\text{розс}} \quad (1.8.4.6)$$

$$P = 72,22 + 68,56 + 2,52 = 143,3 \text{ Вт}$$

Для надійності роботи поможемо це число на коефіцієнт $k_{\text{зап}} = 1,2$:

$$P = P * k_{\text{зап}} \quad (1.8.4.7)$$

$$P = 143.3 * 1.2 = 172 \text{ Вт}$$

Отже для того щоб екструдер міг стабільно працювати та міг спокійно розігріти матеріал зі всіма втратами енергію, нам потрібен нагрівач який мінімум видає 172 Ватт потужності, та має робочу температуру до 300 градусів по Цельсію. [28], [29].

1.8.5 Розрахунок точності виміру товщини ниті.

Точність ниті ми будемо міряти за допомогою магнітного датчика. За графіком, який наведений у додатках, ми бачимо, що на ділянці від - 2,8 – 4,9 мм мікроконтролер видає наступні цифри - 188 – 356.

В цій системі вимір здійснюється за допомогою двох роликів, один з яких рухомий. На ньому прикріплений магніт, але на деякій відстані від ролика. Завдяки цьому важелю трохи збільшується точність виміру. Відстань до ролика L_2 становить – 42,5 мм., а до магніту L_1 – 61,5 мм. Передаточне відношення $k_{\text{відн}}$ на ньому наступне:

$$k_{\text{відн}} = \frac{L_1}{L_2} \quad (1.8.5.1)$$

$$k_{\text{відн}} = \frac{61.5}{42.5} = 1.447$$

Отже можна знайти чутливість елемента. Ділянка L_d , яку міряємо, становить – 2,1 мм., точок T_d які припадають на неї – 168, та коефіцієнт $k_{\text{відн}} = 1,447$. Звідси можна виміряти скільки міліметрів припадає на одну точку, це і є чутливість $S_{\text{дат}}$:

$$S_{\text{дат}} = \frac{L_d}{T_d * k_{\text{відн}}} \quad (1.8.5.2)$$

$$S_{\text{дат}} = \frac{2,1}{168 * 1,447} \approx 0,0086 \text{ мм на точку.}$$

1.8.6 Розрахунок ніхромової ниті для нагрівача.

Для того щоб забезпечити потужність нагрівача у 172 Вт. Потрібно розрахувати, яка довжина проволочки необхідна та їх кількість.

Знайдемо силу струму. Відомо що, потужність дорівнює напруга помножена на струм (рівняння 8.6.1).

$$P = U * I, \quad (1.8.6.1)$$

де P – Потужність;

U – Напруга;

I – Струм.

Тож струм дорівнює:

$$I = \frac{P}{U} \quad (1.8.6.2)$$

$$OI = \frac{172}{12} = 14.33 \text{ A}$$

Так як сила струму на ніхромову нить дорівнює 14.33 Ампера, то діаметр ниті буде 1.6 мм через те що, виходячи з таблиці, вона витримає струм та зможе нагріватись до 400 градусів, що для нас підходить.

Розрахуємо опір, який буде на нагрівачі. З рівняння закону Ома (рівняння 8.6.3).

$$U = I * R, \quad (1.8.6.3)$$

де U – Напруга;

I – Струм;

R – Опір.

Тож опір дорівнює:

$$R = \frac{U}{I}$$

(1.8.6.4)

$$R = \frac{12}{14.33} = 0.84 \text{ Ом}$$

Довжина проволочки дорівнює з (рівняння 8.6.5).

$$L = \frac{R * S}{\rho}, \quad (1.8.6.5)$$

де L – довжина ниті;

R – Опір;

S – площа поперечного перерізу

ρ – Питомий електричний опір, який дорівнює 1.11 мкОм*м.

$$L = \frac{0.84 * 2.01}{1.11} = 1.52 \text{ м.}$$

Отже, для нагріву необхідна ніхромова нить діаметром 1.6 мм, та довжиною 1.52 метри. Її необхідно згорнути у спіраль та намотати навколо місця нагріву. Також потрібно створити ізоляцію, для того щоб не було короткого замикання.

1.8.7 Розрахунок зубчастого колеса

Для того щоб побудувати прямозубе зубчасте колесо редуктора натяжки ниті, необхідно спочатку розрахувати його елементи. Кількість зубів буде 60, а модуль дорівнюватиме 1. З цих даних можна знайти всі інші параметри. Ділильний діаметр дорівнює:

$$d = z * m, \quad (1.8.7.1)$$

де d – ділильний діаметр;

z – кількість зубів;

m – модуль.

$$d = 60 * 1 = 60 \text{ мм.}$$

Висота зуба дорівнює:

$$h = 2,25 * m, \quad (1.8.7.2)$$

де h – висота зуба.

$$h = 2,25 * 1 = 2,25 \text{ мм.}$$

Висота головки:

$$h_a = m \quad (1.8.7.3)$$

$$h_a = 1 \text{ мм.}$$

Висота ніжки:

$$h_f = 1,25 * m \quad (1.8.7.4)$$

$$h_f = 1,25 * 1 = 1,25 \text{ мм.}$$

Діаметр вершин голівки:

$$d_a = d + 2 * h_a \quad (1.8.7.5)$$

$$d_a = 60 + 2 * 1 = 62 \text{ мм.}$$

Діаметр впадин:

$$d_f = d * 2h_f \quad (1.8.7.6)$$

$$d_f = 60 - 2 * 1,25 = 57,5 \text{ мм.}$$

Ширина вінця зубчастого колеса:

$$b = (6..8) * m \quad (1.8.7.7)$$

$$b = 8 * 1 = 8 \text{ мм.}$$

Окружний крок зубів:

$$P_t = \pi * m \quad (1.8.7.8)$$

$$P_t = \pi * 1 = 3,14 \text{ мм.}$$

Окружна товщина зуба:

$$S_t = 0,5 * P_t \quad (1.8.7.9)$$

$$S_t = 0,5 * 3,14 = 1,57 \text{ мм.}$$

Діаметр валу:

$$d_v = 4 \text{ мм.}$$

Діаметр маточини:

$$d_m = 1,6 * d_v \quad (1.8.7.10)$$

$$d_m = 1,6 * 4 = 6,4 \text{ мм.}$$

Довжина маточини:

$$L_c = 1,5 * d_v \quad (1.8.7.11)$$

$$L_c = 1,5 * 4 = 6 \text{ мм.}$$

Товщина ободка зубчастого вінця:

$$\delta = 3 * m \quad (1.8.7.12)$$

$$\delta = 3 * 1 = 3 \text{ мм.}$$

Отже, за цими розрахунками ми спроектуємо зубчасте колесо, яке й буде стояти у механізмі.

					ДП ПІ51. 00.000 ПЗ	Лист
						71
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Опис складальної одиниці

Для аналізу складального блоку було обрано екструдер у зборі з бункером та ніжками (рис. 2.1.1). На рис. 2.1.2 зображено креслення деталі.

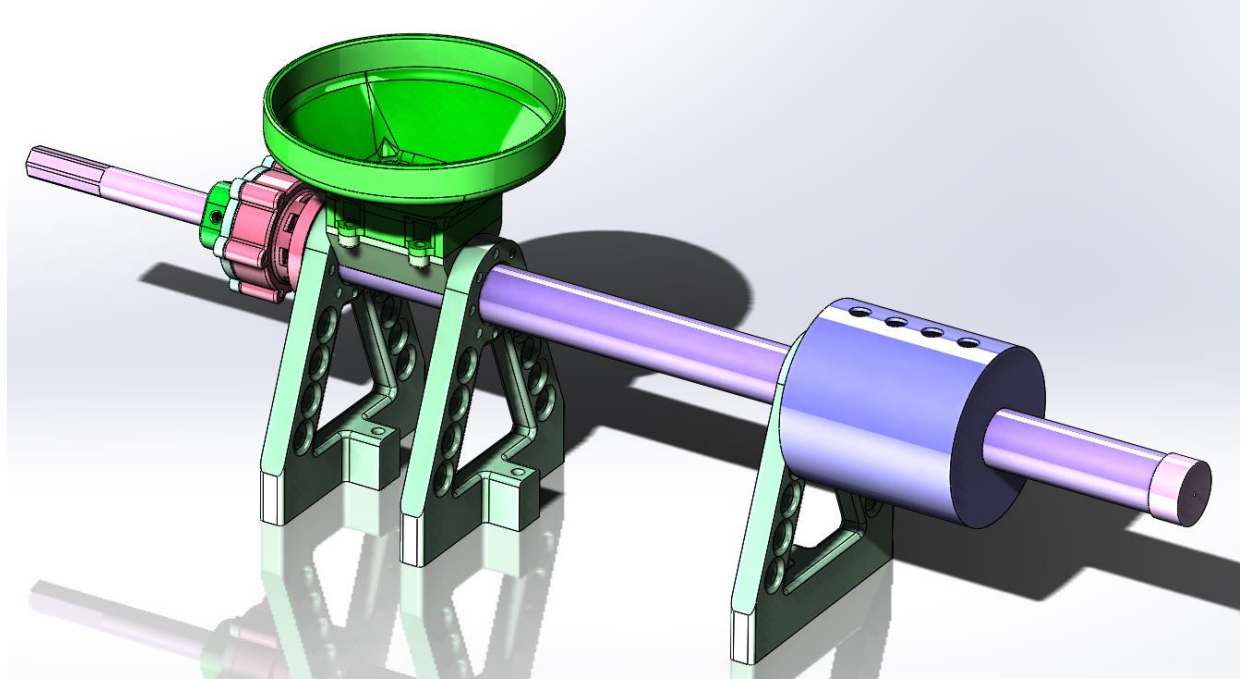


Рисунок 2.1.1 – 3д-зображення

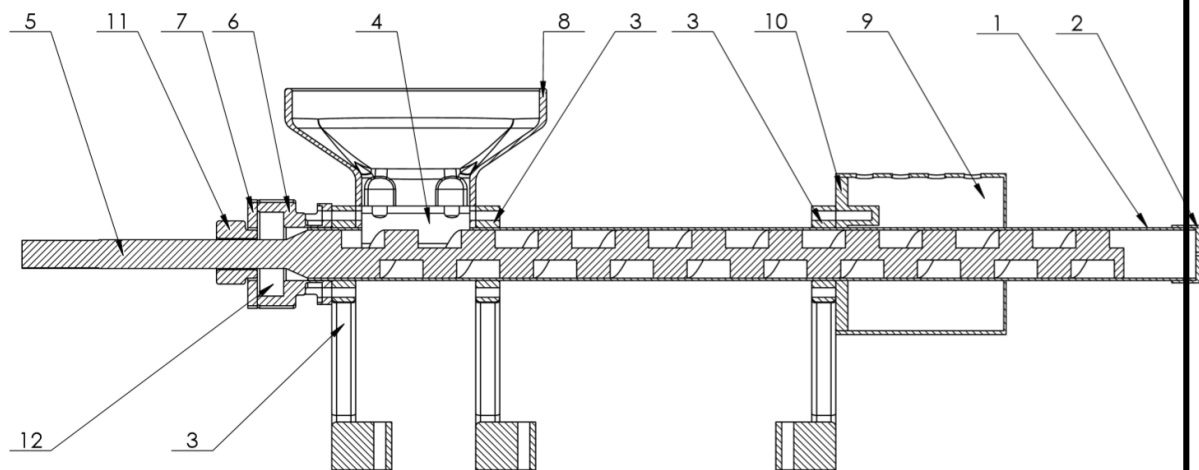


Рисунок 2.1.2 – креслення екструдеру

Конструкція екструдеру включає циліндр 1 в якому обертається шнек 5, пластик формується у соплі 2, конструкція екструдеру тримається на ніжках 3, гранули пластику засипаються у горловину 8, яка кріпиться до корпусу 4, в свою чергу на корпусі 4 закріплені дві ніжки 3 та тримач підшипника 6 в якому запресований упорний підшипник 12, підшипник затискується кришкою 7, для того щоб шнек на занурювався у циліндр, його тримає втулка 11. Охолодження відбувається у ємності 9, яка припаяна до кришки 10. Також до кришки прикріплюється ніжка. Згодом ця конструкція встановлюється на стіл, до неї приєднують редуктор та кабелі з датчиками.

2.2 Основні критерії технологічності

Абсолютний техніко-економічний показник трудомісткості виготовлення T_e виражається сумою нормо-годин, витрачених на виготовлення виробу $T_e = \sum_i T_i$, де T_i – трудомісткість виготовлення й випробувань i – ї складової частини виробу в нормо-годинах.

Рівень технологічності конструкції за трудомісткістю виготовлення K_{yt} визначається як відношення досягнутої трудомісткості виробу T_e до базового показника трудомісткості виготовлення $T_{\text{бв}}$

$$K_{yt} = \frac{T_e}{T_{\text{бв}}} \quad (2.2.1)$$

$$K_{yt} = \frac{19}{22} = 0,864$$

Попередній розрахунок K_{yt} в процесі проектування виробу можна виконувати за наближеними розрахунками трудомісткості виготовлення основних складових частин, використовуючи дослідно-статистичні дані за виробом-представником і коефіцієнти для корегування.

Технологічна собівартість виробу C_m визначається як сума витрат на одиницю виробу

$$C_T = C_M + C_3 + C_{ц.р}, \quad (2.2.2)$$

де C_M – вартість матеріалів, що затрачують на виготовлення виробу; C_3 – заробітна платня виробничника з нарахуваннями; $C_{ц.р}$ – цехові витрати.

$$C_T = 330 + 1450 + 230 = 2010 \text{ грн}$$

Рівень технологічності конструкції за технологічною собівартістю визначається як відношення досягнутої собівартості виробу C_m до технологічної собівартості базового виробу $C_{б.м}$

$$K_{y.c} = \frac{C_T}{C_{б.м}}. \quad (2.2.3)$$

В даному дипломному проекті вони розраховуватись не будуть, так як такі критерії розраховуються безпосередньо на кожному виробництві самостійно під свої економічні можливості.

Критерій конструкторської складності - враховує вплив складності конструкції на складність та трудомісткість складання:

$$K_{ск} = \frac{N_{\Sigma}}{n_{\Sigma}}, \quad (2.2.4)$$

де N_{Σ} - сума всіх вузлів,

n_{Σ} - сума всіх деталей.

Чим більше вузлів, тим легше складання через можливість паралельного складання.

$K_{ск} < 0,1$ – низька технологічність виробу,

$K_{ск} = 0,1..0,2$ – задовільна технологічність виробу,

$K_{ск} > 0,2$ – хороша технологічність виробу.

В нашому випадку:

$$K_{ck} = \frac{3}{12} = 0,25$$

тобто технологічність хороша.

Уніфікація загальна:

$$K_y = \frac{N_y + n_y}{N_{\Sigma} + n_{\Sigma}}, \quad (2.2.5)$$

де N_y , n_y – уніфіковані вузли та деталі.

$K_y < 0,25$ – низька технологічність виробу,

$K_y = 0,25..0,5$ – задовільна технологічність виробу,

$K_y > 0,5$ – хороша технологічність виробу.

В нашому випадку:

$$K_y = \frac{1+5}{3+13} = 0,37,$$

тобто технологічність задовільна.

Критерій уніфікації вузлів:

$$K_{yN} = \frac{N_y}{N_{\Sigma}}, \quad (2.2.6)$$

де N_y – уніфіковані вузли.

$K_{yN} < 0,2$ – низька технологічність виробу,

$K_{yN} = 0,2..0,4$ – задовільна технологічність виробу,

$K_{yN} > 0,4$ – хороша технологічність виробу.

В нашому випадку:

$$K_y = \frac{1}{3} = 0,33$$

тобто технологічність задовільна.

Критерій уніфікації деталей:

$$K_{yn} = \frac{n_y}{n_{\Sigma}}, \quad (2.2.7)$$

де N_y , n_y – уніфіковані деталі та вузли.

$K_{yn} < 0,3$ – низька технологічність виробу,

$K_{yn} = 0,3..0,6$ – задовільна технологічність виробу,

$K_{yn} > 0,6$ – хороша технологічність виробу.

В нашому випадку:

$$K_{yn} = \frac{3}{13} = 0,23$$

тобто технологічність низька.

2.3 Розрахунок точності механоскладальних робіт

До конструкцій є вимоги з точності їх показників, точність, яка забезпечується технологією виготовлення деталей, справедливим вибором принципової схеми, а також способом складання приладу. Головною ідеєю технологічності конструкції є взаємозамінність складальних одиниць та деталей.

Нехай точні розміри L необхідно буде забезпечити (рис. 2.9.3.1).

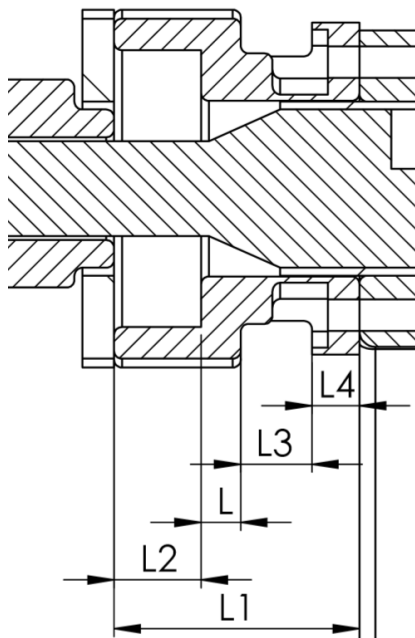


Рисунок 2.3.1 – вузол упорного підшипника.

Схема розмірного ланцюга представлена на рис. 2.3.2

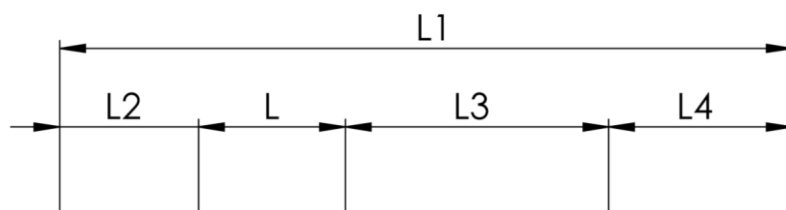


Рисунок 2.3.2 – розмірна ланка

У табл. 2.3.1 наведено номінальні значення ланок розмірного ланцюга та їх допустимі відхилення

Таблиця 2.3.1

Ланка	Номінальний розмір, мм	Допуск, мм	Координати середини допуску	Тип ланки
L1	31	$\pm 0,4$	0	збільшуюча
L2	11	$\pm 0,1$	0	зменшуюча
L3	9	$\pm 0,05$	0	зменшуюча
L4	6	$\pm 0,2$	0	зменшуюча

Координатний метод.

За допомогою арифметичної суми номінальних розмірів деталі знайдемо номінальне значення замкнутої ланки. Ланка котра збільшує, використовує додатній символ, а ланка, що зменшує – від’ємний.

$$L_{\text{зам}} = 31 - (11 + 9 + 6) = 5 \text{ мм}$$

Визначимо допуск замикаючої ланки у випадку повної взаємозамінності:

$$\delta_{\text{зам}} = \sum_{i=1}^{m-1} |\delta_i| \quad (2.3.1)$$

$$\delta_{\text{зам}} = 0,8 + 0,2 + 0,1 + 0,4 = 1,5$$

Проміжні координати замкнутої ланки визначаються рівнянням (2.3.2):

$$K_3 = \sum_{i=1}^m K_{i_{\text{ув}}} - \sum_{j=1}^m K_{j_{\text{уу}}} \quad (2.3.2)$$

$$K_3 = 0 \text{ мм}$$

Верхнє і нижнє відхилення розміру замикаючої ланки дорівнюють

$$\begin{cases} (BB)_3 = K_3 + 0.5 \cdot \sum^{m-1} |\delta_{зам}| \\ (HB)_3 = K_3 - 0.5 \cdot \sum^{m-1} |\delta_{зам}| \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} (BO)_3 = 0,5 \cdot 1,5 = 0,75 \\ (HO)_3 = -0,5 \cdot 1,5 = -0,75 \end{cases}$$

Таким чином, у разі повної взаємозамінності замикаюча ланка $A_{зам}$ дорівнює:

$$L_{зам} = 5^{+0,75}_{-0,75}$$

Екстремальний безномінальний метод

Знайдемо номінальний розмір замикаючої ланки за формулами: (2.3.3):

$$\begin{aligned} (BO)_{зам} &= \sum_1^m (BO_i)_{ув} - \sum_1^q (HO_j)_{ув} \\ (HO)_{зам} &= \sum_1^m (HO_i)_{ув} - \sum_1^q (BO_j)_{ув} \end{aligned} \quad (2.3.4)$$

$$\begin{aligned} (BO)_{зам} &= 0,4 - (-0,1 - 0,05 - 0,2) = 7,5; \\ (HO)_{зам} &= -0,4 - (0,1 + 0,05 + 0,2) = -0,75. \end{aligned}$$

Так як розрахунки однакові, можна зробити висновок що, методи працюють і помилок не було допущено.

2.4 Схема складального складу

На підставі аналізу конструкторської документації створюється схема складального складу. Побудова таких схем дозволяє визначити конструктивні і складальні елементи приладу та їх взаємозв'язок, а також представити в наочному вигляді проект технологічного процесу складання.

На рис. 2.4.1 наведено схему складального складу. На цій схемі окремі деталі і складальні одиниці зображують у вигляді прямокутників, де вказують номер позиції деталі або складальної одиниці згідно з специфікацією, її найменування та необхідну кількість. Схема складального складу використовується для аналізу й синтезу приладу та процесу складання.

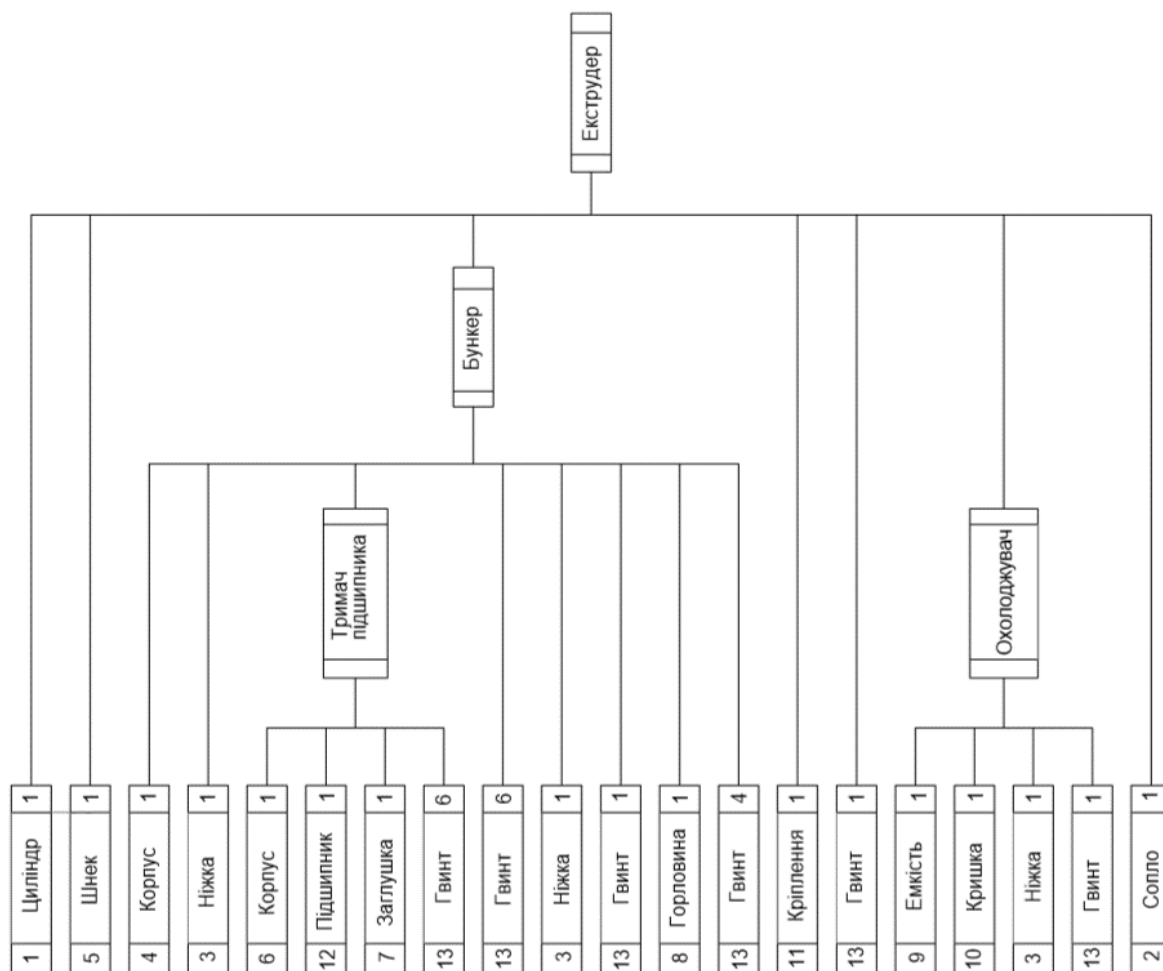


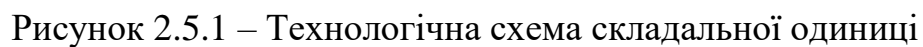
Рисунок 2.4.1 – Схема складального складу

2.5 Технологічна схема складання

Проектування технологічного процесу складання включає вибір найбільш раціональних процесів і способів складання, визначення послідовності з'єднання деталей і складальних одиниць, регулювання і контролю виробу та складальних одиниць, вибір необхідного устаткування, робочих і вимірювальних інструментів та нормування операцій технологічного процесу.

При цьому треба передбачати всі заходи з забезпечення заданої програми випуску виробів, що повністю відповідають технічним вимогам, скорочення

На рисунку 2.5.1 зображена технологічна схема складальної одиниці екструдера.



В технологічній частині були виконані наступні пункти:

- Було проведено опис конструкції за складальним креслеником;
- Вирішені основні критерії технологічності;

- Проведено розрахунок точності механоскладальних робіт двома методами;
- Створена технологічна схема складання;
- Схема складального складу.

З чого можна зробити висновок що, конструкція є технологічною та її можна пускати в виробництво.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В дипломній роботі було проведено велику роботу з пошуку інформації. Ми дізнались які існують аналоги, та чим вони відрізняються. Також знайшли моделі які використовуються у комерційній цілі, а отже є попит.

При аналізі літератури було розібрано матеріали які можливо використовувати, їх сферу застосування, та короткі властивості. Ще дізнались про різновиди двигунів та нагрівачів, які вони бувають, їх переваги та недоліки. І виходячи з проаналізованої інформації підібрано двигун, нагрівач, та конструкцію всієї установки. Розроблено 3д-моделі частин установки. Проведена робота зі створення робочого прототипу. Також були проведені розрахунки з технологічності, етапів його зборки та основних показників. Пораховані основні розрахунки для роботи екструдера, а саме: швидкість обертання шнеку, швидкість витягування ниті, потужність нагрівача та його робоча температура, швидкість намотування ниті катушкою, охолодження екструдера, розрахунок ніхромової ниті для нагрівача.

З отриманих результатів отримали конструкцію екструдера, яка працює з широким асортиментом пластиків та на виході видає 1 кілограм за годину готової продукції з досить високою якістю.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. YouTube: Линия экструдера LineUpdate. Руководство по нанесению 2 и двухцветная экструзия.

URL:

<https://www.youtube.com/watch?v=Qlys045ut6U&list=LLGbKQooJBwCNmUPvqNAmxOg&index=19&t=0s> (дата звернення: 05.05.2019)

2. YouTube: Water Bath Update and Test Run.

URL:

<https://www.youtube.com/watch?v=RigJNWbyzhQ&list=LLGbKQooJBwCNmUPvqNAmxOg&index=20&t=176s> (дата звернення: 05.05.2019)

3. YouTube: Экструзионная линия для испытания на волокно.

URL:

<https://www.youtube.com/watch?v=M6Hxc9Kc57A&list=WL&index=19&t=145s> (дата звернення: 05.05.2019)

4. YouTube: LYMAN MULIER FILAMENT EXTRUDER V5 video 1.

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=vL9zDOdRqBo> (дата звернення: 05.05.2019)

5. 3devo: Composer and Precision Filament Makers. URL:

<https://3devo.com/filament-makers/> (дата звернення: 05.05.2019)

6. TEN24: Миканитовый кольцевой нагреватель металлический. URL:

<https://ten24.com.ua/catalog/kolcevye-nagrevateli/mikanitovyy-koltsevoy-nagrevatelnyy-element/> (дата звернення: 05.05.2019)

7. TEN24: Керамический кольцевой нагреватель. URL:

<https://ten24.com.ua/catalog/kolcevye-nagrevateli/keramicheskii/> (дата звернення: 05.05.2019)

8. TEN24: Сопловые нагреватели кольцевые. URL:
<https://ten24.com.ua/catalog/kolcevye-nagrevateli/soplovyie-nagrevateli-koltsevyie/> (дата звернення: 05.05.2019)
9. TEN24: Алюминиевые кольцевые нагреватели литые. URL:
<https://ten24.com.ua/catalog/kolcevye-nagrevateli/alyuminievyie-koltsevyie-nagrevateli-litye/> (дата звернення: 05.05.2019)
10. WIKIPEDIA: Двигатель. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Двигатель>
(дата звернення: 05.05.2019)
11. WIKIPEDIA: Электродвигатель постоянного тока.
URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Электродвигатель_постоянного_тока
(дата звернення: 05.05.2019)
12. WIKIPEDIA: Коллекторный двигатель.
URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Коллекторный_электродвигатель (дата
звернення: 05.05.2019)
13. WIKIPEDIA: Вентильный двигатель.
URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Вентильный_двигатель (дата
звернення: 05.05.2019)
14. Студопедия: Достоинства и недостатки синхронного двигателя в
сравнении с асинхронным. URL: <https://studopedia.org/4-773.html> (дата
звернення: 05.05.2019)
15. WIKIPEDIA: Асинхронная машина.
URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Асинхронная_машина (дата звернення:
05.05.2019)
16. DCMotors: Home Appliances. URL:
http://ssh1957.narod.ru/easyelectronics/RS-xxx_DCMotors.pdf (дата
звернення: 05.05.2019)

17. Monofilament: ABS ECO БЕЛЫЙ. URL:
<https://monofilament.com.ua/products/standartnye-materialy/abs-eco-belyj>
(дата звернення: 05.05.2019)
18. Monofilament: ABS НАТУРАЛЬНИЙ. URL:
<https://monofilament.com.ua/products/standartnye-materialy/abs/abs-plastic>
(дата звернення: 05.05.2019)
19. Monofilament: ABS+ НАТУРАЛЬНИЙ. URL:
<https://monofilament.com.ua/products/standartnye-materialy/abs-plus/abs-plus-naturalnyj> (дата звернення: 05.05.2019)
20. Monofilament: OPET (PETT, PETG). URL:
<https://monofilament.com.ua/products/standartnye-materialy/copet/> (дата звернення: 05.05.2019)
21. Monofilament: PLA НАТУРАЛЬНИЙ. URL:
<https://monofilament.com.ua/products/standartnye-materialy/pla/pla-naturalniy> (дата звернення: 05.05.2019)
22. Monofilament: ELASTAN D100 БЕЛЫЙ. URL:
<https://monofilament.com.ua/products/inzhinernye-plastiki/elastan/elastan-belyj> (дата звернення: 05.05.2019)
23. Monofilament: PC НАТУРАЛЬНИЙ. URL:
<https://monofilament.com.ua/products/inzhinernye-plastiki/pc/pc-naturalnyj>
(дата звернення: 05.05.2019)
24. Monofilament: PET НАТУРАЛЬНИЙ. URL:
<https://monofilament.com.ua/products/inzhinernye-plastiki/pet/pet-termoplastic> (дата звернення: 05.05.2019)
25. Monofilament: NYLON НАТУРАЛЬНИЙ. URL:

<https://monofilament.com.ua/products/inzhinernye-plastiki/nylon/nylon-naturalnyj> (дата звернення: 05.05.2019)

26. Monofilament: PBT НАТУРАЛЬНИЙ. URL:

<https://monofilament.com.ua/products/inzhinernye-plastiki/pbt/pbt-naturalnyj>
(дата звернення: 05.05.2019)

27. POLIKONTA: Вторичная переработка полимеров и их свойства. URL:

http://www.polikonta.com/index.php?mod=look_items_more&id_item=177&id_cat_prec=36&cat_part=1 (дата звернення: 05.05.2019)

28. Ю.И. Литвинец. Технологические и энергетические расчеты при переработке полимеров экструзией. *Уральский Государственный Лесотехнический Университет*. 2010, №1. 56 с.

29. З.А. Кудрявцева, Е.В. Єрмолаєва. Проектирование производств по переработке пластмасс методом экструзии. Учебное пособие. Владимир, ВлГУ, 2003. – 96 с.

ДОДАТКИ